

Návrh systému zásobování v podmínkách opravárenské firmy

Supplying System Draft for Repairing Shops

Student:
Vedoucí diplomové práce:

Bc. Vyvial Jakub
Ing. Jana Míková, Ph.D.

Poděkování

Touto cestou bych chtěl poděkovat za poskytnuté rady, trpělivost a cenné připomínky vedoucí diplomové práce Ing. Janě Míkové, Ph. D., firmě ČSAD Havířov a.s., zejména za ochotu a kladný přístup při poskytování informací a odpovědí na mé dotazy.

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

Podpis studenta

Anotace diplomové práce

Bc. Vyvial Jakub *Návrh systému zásobování v podmínkách opravárenské firmy*
VŠB-TU Ostrava, Institut dopravy, 2009, 58 stran
Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jana Míková, Ph.D.

Diplomová práce se zabývá návrhem systému zásobování v podmínkách opravárenské firmy. Nejprve byla provedena analýza stávajícího způsobu zásobování náhradními díly a údržbového systému. Z výsledků analýzy byl navržen nový dodavatel a nová strategie zásobování. Na závěr bylo provedeno ekonomické zhodnocení zpracovaných návrhů.

Annotation of Diploma's Work

Bc. Vyvial Jakub *Supplying System Draft for Repairing Shops*
VŠB-TU Ostrava, Institute of Transportation, 2009, 58 pages
Tutor of the Bachelor's Work : Ing. Jana MÍKOVÁ, Ph.D.

The Diploma's Work deals with a project of supply system in the car repair shop conditions. Firstly an analysis was carried out relating to the current spare part supply system as well as to the maintenance system. From the analysis results a new supplier and a new supply strategy were proposed. In the conclusion

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠBTUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou (bakalářskou) práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě :.....

.....
podpis

Bc. Vyvial Jakub

Marie Pujmanové 1131/7, Havířov – Šumbark, 736 01

Seznam použitých zkratek

a.s.	akciová společnost
apod.	a podobně
č.	číslo
kap.	kapitola
ks	kus
MPR	M aterial R equirements P lanning (systém plánování materiálových požadavků výroby)
MPR II	M anufacturing R esource P lanning (systém plánování výrobních zdrojů)
MPR III	(nástavba systému MRP II)
obr.	Obrázek
p-st	pravděpodobnost
tab.	tabulka
s.r.o.	společnost s ručením omezeným
Jednotky:	
Kč	korun českých
km	kilometr
l	litr

Seznam použitých zkratk	6
Obsah	7
1 Úvod	9
2 Logistika zásobování, nástroje pro stochastické a deterministické řízení zásob	10
2.1 Logistika zásobování	10
2.1.1 Základní pojmy	10
2.1.2 Úkoly zásobování a cíle zásobování	11
2.1.3 Funkce zásob	12
2.1.4 Řízení zásob	12
2.2 Stochastické řízení zásob	14
2.3 Deterministické řízení zásob	19
2.3.1 Úprava modelu pro nespojitou poptávku	22
3 Údržbové systémy dopravních prostředků	24
3.1 Základní pojmy	24
3.2 Základní typy údržbových systémů	24
3.2.1 Údržbový systém po poruše	26
3.2.2 Údržbový systém se zaručenou bezporuchovostí	26
3.2.3 Údržbový systém po prohlídce	27
4 Analýza současného stavu logistického zabezpečení údržby silničních vozidel	28
4.1 Popis firmy	28
4.1.1 Firma	28
4.1.2 Zázemí firmy	29
4.2 Prováděné servisní úkony	29
4.2.1. Preventivní údržba vozidel	29
4.2.2 Opravy po prohlídce	30
4.2.3 Opravy po poruše	31
4.3 Současný stav logistického zabezpečení údržby silničních vozidel	32
4.3.1 Skladování a řízení zásob	33
4.3.2 Výběr náhradních dílů	33
4.3.3 Stávající dodavatelé náhradních dílů	33
4.4 Vstupní analýza	35
4.4.1 ABC analýza	35
4.4.2 Spotřeba vybraných položek v roce 2009	38
5 Návrh systému logistického zajištění údržby dopravních prostředků s využitím stochastických a deterministických metod	41
5.1 Postup vyhledávání nového dodavatele	41
5.1.1. Noví dodavatelé	43
5.2 Volba zásobovací strategie	44

5.3 Návrh systému logistického zajištění údržby dopravních prostředků s využitím deterministických metod.....	48
5.3.1 Úprava modelu pro nespojitou poptávku	51
5.4 Návrh systému logistického zajištění údržby dopravních prostředků s využitím stochastických metod.....	53
6 Ekonomické zhodnocení.....	56
7 Závěr.....	58
Seznam použité literatury.....	59
Seznam příloh.....	60

1 Úvod

Předložená diplomová práce řeší problematiku návrhu systému zásobování v podmínkách opravárenské firmy. Cílem práce je navrhnout nový systém zásobování a porovnat tento návrh se současným stavem z ekonomického hlediska. Pro tuto diplomovou práci jsem zvolil akciovou společnost ČSAD Havířov a.s. patřící do skupiny 3ČSAD. Společnost sídlí v Šenově na Ostravské ulici a zabývá se autorizovaným opravárenským servisem autobusů skupiny IRISBUS, dále pak servisem osobních a užitkových automobilů.

V práci se nejprve zabývám teorií týkající se základních systémů využívaných v problematice zásobování opravárenských firem, funkcí a řízením zásob. Následně pak problematikou preventivní údržby a také poruchovostí silničních vozidel a jejich následných oprav. Po popisu nezbytných teorií představuji firmu, hlavní podnikatelský záměr a dále pak technické zázemí firmy.

Pro další postup při tvorbě nového zásobovacího systému analyzuji data, která mi firma poskytla. Předpokladem je, že z analýzy těchto dat zjistím nejčastější poruchy na vozidlech, které se projevují při náhlých poruchách či při preventivních prohlídkách. Vyhodnotím díly, které se nejčastěji vyměňují při zjištěných poruchách pomocí ABC analýzy. Návrh nového systému zásobování pro opravárenskou firmu vypočtu pomocí deterministických a stochastických modelů zásobování. V závěru zhodnotím návrh z ekonomického hlediska.

2 Logistika zásobování, nástroje pro stochastické a deterministické řízení zásob

Cílem logistiky zásobování je organizace toků od zdroje surovin ke spotřebiteli. Úspěch podniku závisí na správném zásobování a na pružném reagování na aktuální dění. Proto je nutné uvést definici základních pojmů.

2.1 Logistika zásobování

2.1.1 Základní pojmy [2]

Logistika – se zabývá organizací toků od zdroje surovin ke spotřebiteli a uspokojení požadavků trhu. Organizování toků tak, aby požadovaný materiál (zboží) v požadované kvalitě, v požadovaném množství byl dodán na dohodnuté místo v požadovaném čase s vynaložením vyhovujících nákladů.

Zásobování – se zabývá optimálním získáváním vstupů do výrobního procesu. To je nejen zajišťování hmotných statků, ale také jednání odběratelů s dodavateli a uzavírání smluv mezi nimi.

Zásoby – skrývají vždy potenciální problémy, jsou to problémy související s jejich skladováním a udržováním jejich kvality na jedné straně a problémy s vázáním finančních prostředků na straně druhé.

Logistický řetězec – zahrnuje kromě pohybu materiálu i veškeré činnosti, které s tím souvisí. To znamená, že zahrnuje organizaci materiálového toku, plánování, administrativní činnosti, pohyb informací apod. Zahrnuje i materiálový tok i přepravní řetězec.

Zásobovací řetězec – představuje část logistického řetězce s podrobnějším vymezením hierarchie a funkcí subjektů, které tvoří logistický řetězec.

Dodací lhůta – je čas, který plyne od doručení zákaznické objednávky do dodání výrobku zákazníkovi. Liší se podle toho, zda se jedná o dodávku, která je na skladě, nebo je nutno objednaný výrobek vyrobit (obsahuje např. zpracování objednávky, vyskladnění, expedici, přepravu).

2.1.2 Úkoly zásobování a cíle zásobování

Úspěch činnosti podniku závisí na správném zásobování a na jeho schopnosti pružně reagovat na požadavky zákazníků. Zásobování ovlivňuje výsledné ekonomické výsledky podniku. Dobře fungující zásobování se tedy musí opírat zejména o:

- orientaci na trhu
- sledování trendů do budoucna
- výhodné uzavírání smluv s dodavateli
- účelnou organizaci a výkon správních a fyzických činností, spojených s materiálovými toky.

Hlavní cíle zásobování jsou:

- zajištění správného druhu materiálu
- zajištění zboží v co nejkratším čase a potřebném množství
- zajištění zboží za nejnižší cenu a v co nejlepší kvalitě

Hlavním cílem podniku je minimalizovat náklady spojené se zásobováním. Aby podnik dosáhl zmíněného hlavního cíle je nutné získávat informace o situaci v podniku. Získávání těchto informací je možné prostřednictvím informačního systému podniku. Informace o situaci na trhu získáváme prostřednictvím kontinuálního průzkumu trhu.

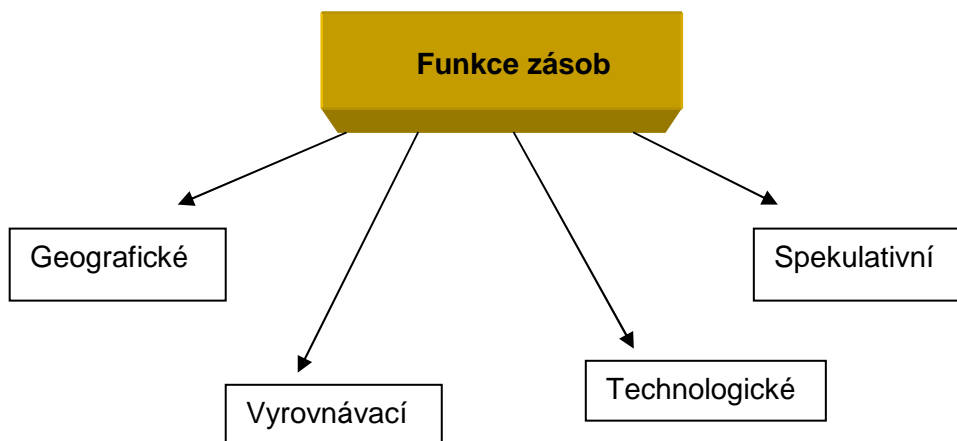
Cílem průzkumu nákupního trhu by mělo být zlepšení průhlednosti trhu prostřednictvím soustavného získávání a vyhodnocování informací o situaci na trhu. Zajištění vhodných a včasných informací pro výběr strategie zásobování. Získání nových zdrojů nákupu tak, aby mohla být zajištěna autonomie podniku a získání základny pro optimální nákup komponentů.

Obsahem informací pro posouzení nákupního trhu by měly být údaje, které umožní kvalifikované rozhodování. Informujeme se tedy o datech výrobku, dodavatelích o nabídce a o konkurenci na nákupním trhu. Tyto informace pomohou vedení podniku ke kvalifikovanějšímu rozhodnutí o volbě efektivní zásobovací strategie a výběru vhodných dodavatelů.

Hodnocení dodavatelů je vhodné provést na základě jejich celkové výkonnosti. Přitom se zpravidla u dodavatele bere v úvahu pověst o postavení na trhu, kapitálová základna, finanční a technická způsobilost, výkonnost, schopnost realizovat objednávku v dohodnutých parametrech.

2.1.3 Funkce zásob

Zásoby mají funkce geografické, vyrovnávací, technologické, spekulativní (obr. 1).



Obr. 1: Funkce zásob

Geografickou funkcí rozumíme vytvoření podmínek pro územní specializaci. Vyrovnávací funkce zajišťuje plynulost výrobního procesu a eliminuje vliv poruch v zásobování a přepravě, jakož i vlivy náhodné a sezónní poptávky. Technologická funkce představuje udržování zásob jako nezbytná součást výrobního procesu. Spekulativní zásoby se udržují především z důvodů získání finančního prospěchu nebo umožnění tlaku na konkurenci.

Složky zásob:

- běžná
- pojistná

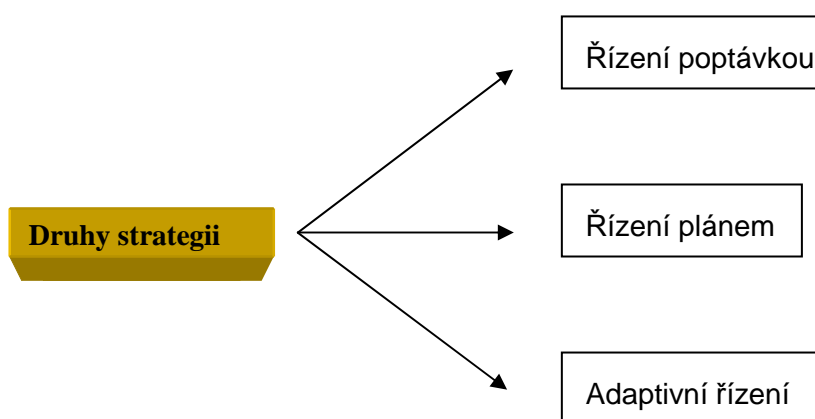
Běžnou složkou zásob rozumíme takovou zásobu, která má za úkol vyrovnávat nesoulad dodávek a spotřeby v čase. Pojistná složka zásob má za úkol pokrývat výkyvy v poptávce, případně též poruchy v dodávkách. Riziko spojené s velikostí udržovaných zásob odpovídá postavení daného článku v logistickém řetězci (maloobchod, velkoobchod, výroba).

2.1.4 Řízení zásob

Zásoby představují značnou část nákladů podniku, proto je zapotřebí věnovat jejich řízení patřičnou pozornost. Pro plánování a řízení zásobování výroby byly vyvinuty v 60. a 70. letech minulého století softwarové produkty MRP I (**M**aterial **R**equirements **P**lanning), což je systém plánování materiálových požadavků výroby a MRP II (**M**anufacturing **R**esource

Planning), který je systémem plánování výrobních zdrojů a nakonec produkt MRP III, který je nadstavbou MRP II a umí reagovat na chování dodavatelů, na jejich výjimečné požadavky a dokáže stanovit optimální zásoby. Při řízení zásob je vhodné zvolit optimální strategii zásobování.

Vhodnou strategií řízení je stanovení optimální úrovně zásob v logistickém systému. Rozeznáváme tyto tři druhy strategií (obr. 2).



Obr. 2: Strategie zásob

Řízení poptávkou

Požadavek zákazníků řídí strategií poptávkou, kde zákazník určuje velikost a pohyb zásob. Jedná se o tzv. princip „pull“. V tomto případě se doplňování zásob provádí až tehdy, kdy jejich stav poklesne pod stanovenou hranici. Strategie vyžaduje tyto podmínky:

- všichni zákazníci a výrobky jsou rovnocenní,
- neomezená zásoba výrobků u dodavatele,
- poptávka by měla být relativně stabilní,
- dodávky musí být větší než poptávka v průběhu dodacího cyklu,
- délka dodacího cyklu by neměla být závislá na velikosti poptávky.

Řízení plánem

Velikost zásob a jejich pohyb je předem plánován bez ohledu na skutečné momentální požadavky zákazníků. Hovoříme zde o uplatnění principu „push“. V podstatě se využívá podrobný plán požadavků na distribuci, který nám poskytne detailní přehled o požadavcích na zásoby v jednotlivých plánovacích horizontech. Obvykle jsou plány členěny týdně. Abychom zabránili velkým finančním ztrátám podniku, musí být pro každý časový úsek určeny:

- požadavky na odběr náhradních dílů (v případě potřeby),
- plánované příjmy dodávek do skladu,

- plánované doplňovací objednávky,
- stav zásob na skladě v jednotlivých časových obdobích.

Adaptivní metoda řízení

Tato strategie je ve své podstatě kombinací dvou předchozích ve vhodných podmínkách, tedy někdy využití principu „pull“, někdy principu „push“. Při rozhodování jaký princip bude použit, slouží zpravidla následující rozhodovací pravidla:

- rentabilita segmentů trhu a jejich stálost,
- závislost či nezávislost poptávky,
- rizika z nejistoty v distribučním řetězci,
- kapacita zařízení v distribučním řetězci.

Rentabilita segmentů trhu a jejich stálost je zpravidla hlavním kritériem. Například na stabilizovaném trhu, tam kde jsou výrobky prodávány s vysokým rizikem, je vhodné použít metodu řízení plánem.

Za závislou poptávku považujeme takovou, která závisí na poptávce jiného výrobku. V případě nezávislé poptávky využijeme princip „pull“, zatímco při závislé poptávce princip řízení plánem. Chceme-li zohlednit nejistoty nebo omezení v distribučním řetězci, je vhodné použití řízení plánem. Jestliže často dochází k poruchám v dodacích cyklech, je vhodné použít řízení poptávkou. Zásoby vždy skrývají potenciální problémy. Chceme-li problémy vyřešit a současně snížit náklady na zásoby, musíme nejdříve zásoby a problémy z toho plynoucí redukovat a pak se zabývat problematikou jejich řízení.

2.2 Stochastické řízení zásob

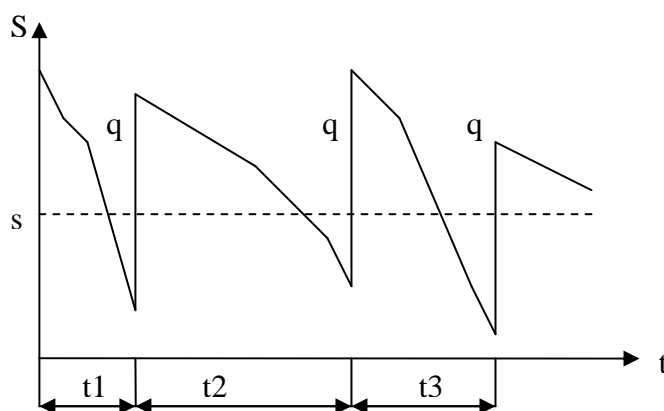
Stochastické řízení zásob je model jednorázově vytvářené zásoby při náhodné nebo předem neznámé poptávce. Tento model je vhodný pro zboží, které po jisté době stárne a ztrácí svou původní hodnotu.

V případě, kdy nelze dopředu přesně určit požadavek na nakupovanou položku, nebo požadavky zákazníků musím pro zjištění optimální velikosti objednávky vytvořit stochastický model zásobování [7]. Typický stochastický charakter má strategie zásobování „s, q“ (obr. 3).

U modelů této skupiny je třeba počítat s tím, že vytvořená zásoba na skladě nemusí stačit k pokrytí aktuálních požadavků zákazníků. Důsledkem je pak neplnění objednávek a z toho vyplývající krátkodobé ztráty tržeb, zisku, nebo dlouhodoběji ztráta zákazníků.

Pokud se podaří získat požadované položky z jiného zdroje, jsou většinou tyto položky spojeny s podstatně vyššími náklady.

Při řízení zásob je třeba respektovat vedle náhodných změn poptávky také skutečnost, že spotřeba vytvořené zásoby neprobíhá rovnoměrně v čase. Při řízení zásob v podmínkách proměnné spotřeby v čase je opět třeba najít odpověď na dvě základní otázky: kdy zásoby doplňovat a v jak velkých dávkách. Musím proto nejprve určit spodní mez x_s , tzv. spodní objednací úroveň, nebo signální stav zásob. Jakmile poklesne skutečný stav pod tuto mez, je to signál pro doplnění zásoby. Zásoba je pak doplňována konstantními velikostmi objednávek velikosti Q .



Obr. 3: Diagram zásobovací strategie „s, q“ [3]

Kritickým časovým úsekem, tzv. intervalem nejistoty, pro funkci systému jsou termíny vyřízení objednávky. V nich může dojít k předčasnému vyčerpání zásoby. Aby takový stav nenastal je třeba, aby signální stav zásob byl schopen pokrýt poptávku po položce v čase a případné náhodné výkyvy v poptávce.

Stochastický model zásobování pro normální rozdělení je rozdílný oproti modelu pro exponenciální rozdělení, proto musím nejprve určit, které rozdělení bude dobře reprezentovat empiricky zjištěná data. Výhodné je roztřídění dat například o týdenní poptávce. Poté můžu odhadnout požadované rozdělení a dále postupovat jednotlivými výpočty.

Postup výpočtů pro **normální rozdělení** [7]:

$$\text{Průměrná týdenní spotřeba } \bar{s} = \frac{\sum_{i=1}^n s_i \cdot n_i}{n_i} \quad [\text{jednotek}] \quad (1)$$

Kde:

\bar{s} - průměrná týdenní spotřeba [jednotek]

s_i - střed intervalu [jednotek]

n_i - četnost [-]

$$\text{Směrodatná odchylka } \sigma_s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n n_i \cdot (s_i - \bar{s})^2}{n_i}} \quad [\text{jednotek}] \quad (2)$$

Kde:

σ_s - směrodatná odchylka [jednotek]

\bar{s} - průměrná týdenní spotřeba [jednotek]

s_i - střed intervalu [jednotek]

n_i - četnost [-]

Optimální velikost objednávky

$$Q^{opt} = \sqrt{\frac{2 \cdot S \cdot n_J}{T \cdot c \cdot n_S}} \quad [\text{jednotek}] \quad (3)$$

Kde:

Q^{opt} - optimální velikost objednávky [jednotek]

S - očekávaná spotřeba [jednotek]

n_J - objednávací náklady [Kč]

T - sledované období = 1 [-]

c - cena položky [Kč]

n_S - náklady na udržování zásob [%]

Průměrná délka dodacího cyklu

$$t_c^{opt} = \frac{T}{(S / Q^{opt})} \quad [\text{den}] \quad (4)$$

Kde:

t_c^{opt} - průměrná délka dodacího cyklu [den]

T - sledované období [den]

S - očekávaná spotřeba [jednotek]

Q^{opt} - optimální velikost objednávky [jednotek]

Počet dodávek

$$o^{opt} = \frac{T}{t_c^{opt}} \quad [-] \quad (5)$$

Kde:

o^{opt} - počet dodávek [-]

t_c^{opt} - průměrná délka dodacího cyklu [den]

T - sledované období [den]

Odhad pojistné zásoby

$$x_p = 2 \cdot \sigma_s \quad [jednotek] \quad (6)$$

Kde:

x_p - pojistná zásoba [jednotek]

σ_s - směrodatná odchylka [jednotek]

Signální stav zásob

$$x_s = x_p + T \cdot \bar{s} \quad [jednotek] \quad (7)$$

Kde:

x_s - signální stav zásob [jednotek]

x_p - pojistná zásoba [jednotek]

T - sledované období = 1 [-]

\bar{s} - průměrná týdenní spotřeba [jednotek]

Celkové náklady na pořízení a uskladnění zásob při objednávkách o vypočtené optimální velikosti a očekávané spotřebě. V těchto nákladech není zahrnuta nákupní cena položky.

$$N = \sqrt{2 \cdot S \cdot T \cdot c \cdot n_s \cdot n_j} \quad [Kč] \quad (8)$$

Kde:

- S - očekávaná spotřeba [jednotek]
- n_J - objednacích náklady [Kč]
- T - sledované období = 1 [-]
- c - cena položky [Kč]
- n_S - náklady na udržování zásob [%/cena položky]
- n_J - objednacích náklady [Kč]

Postup výpočtu pro **exponenciální rozdělení** [3,9]:

Intenzita výdejů položky za den

$$\lambda = \frac{S}{T} \quad [\text{jednotek/den}] \quad (9)$$

Kde:

- λ - intenzita výdejů za den [jednotek/den]
- S - celková spotřeba [jednotek]
- T - sledované období [den]

Střední doba mezi výdeji

$$T_s = \frac{1}{\lambda} \quad [\text{den}] \quad (10)$$

Kde:

- T_s - střední doba mezi výdeji [den]
- λ - intenzita výdejů za den [jednotek/den]

Pravděpodobnost vzniku události

$$P(k) = \frac{(\lambda \cdot t)^k}{k!} \cdot e^{(-\lambda \cdot t)} \quad [-] \quad (11)$$

Kde:

- $P(k)$ - pravděpodobnost vzniku události [-]
- k - počet jevů, které nastanou [-]

- λ - intenzita výdejů za den [1/den]
 t - délka intervalu, pro který p-st zjišťujeme [-]

Pro výpočet je nutné znát požadavek pokrytí výdejů jednotlivých položek ze skladu. Opravárenská firma požaduje pravděpodobnost pokrytí výdejů minimálně 0,95. Proto je nutné sčítat pravděpodobnosti jednotlivých událostí (12), dokud nebude minimální požadovaná pravděpodobnost splněna. Tímto postupem získám rovněž velikost signální hladiny, kterou bude značit počet jevů, které nastanou.

Distribuční funkce $Po(\lambda)$

$$P(k) = \sum_{k=0}^n P(k) \quad [-] \quad (12)$$

Kde:

$P(k)$ - pravděpodobnost vzniku události [-]

Celkové náklady na pořízení a uskladnění zásob při očekávané spotřebě S . V těchto nákladech není zahrnuta nákupní cena položky

$$N = \sqrt{2 \cdot S \cdot n_J \cdot n_S} + (n_S \cdot s) \quad [Kč] \quad (13)$$

Kde:

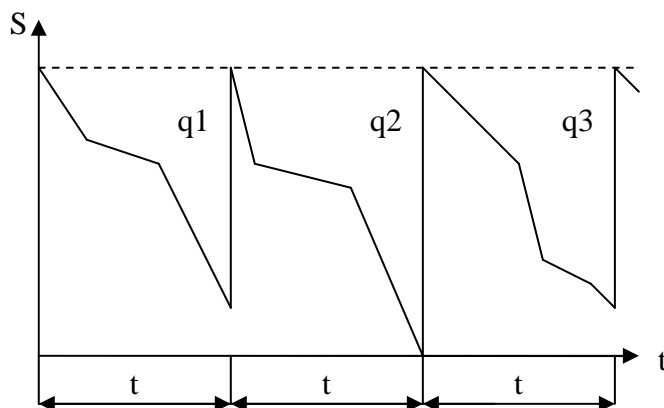
- S - očekávaná spotřeba [jednotek]
 n_S - náklady na udržování zásob [%/cena položky]
 n_J - objednávací náklady [Kč]
 s - signální hladina [jednotek]

2.3 Deterministické řízení zásob

Deterministické řízení zásob je takové, kdy se zásoby doplňují v jednom časovém okamžiku, a to po jejich vyčerpání. Předem známe požadavek na nakupovanou položku za celé zásobovací období a jednotkové objednávací a skladovací náklady.

V deterministickém charakteru spotřeby předem známe doby spotřeby a množství potřebných náhradních dílů a materiálů k provedení údržby. Normovaná spotřeba materiálů je vždy vázána na provádění preventivních údržbových zásahů v souladu se stanoveným

systémem údržby. Typický deterministický charakter má strategie zásobování „t, S“ (obr. 4). Strategie má stanoveny pevné objednací termíny, které se pravidelně opakují po uplynutí intervalu t , kdy se v tomto okamžiku objednáva doplnění podle skutečného či disponibilního stavu a velikosti hladiny zásoby S .



Obr. 4: Diagram zásobovací strategie „t, S“ [3]

Při vytváření modelu optimální velikosti objednávky [7] vycházím z toho, že znám předem požadavek na nakupovanou položku ve výši S na období T , spotřeba nakoupeného množství je v lineárním čase. Znam také náklady na udržování zásob n_s a náklady vzniklé s vyřízením objednávky n_j . Potřebuji určit, v jak velkých dodávkách Q^{opt} a jak často by měl dodavatel položku dodávat, aby náklady spojené s pořizováním a s udržováním zásob byly co nejnižší.

Pořizovací náklady zahrnují:

- náklady na predikci poptávky a její převedení do konečné objednávky
- administrativní náklady (např. v oddělení nákupu) – příprava a vyhotovení objednávky, její odeslání, sledování, urgence, reklamace, likvidace faktur
- věcné náklady na tiskopis
- náklady na příjem a uložení skladu

Skladovací náklady zahrnují :

- náklady na skladování
- náklady na manipulaci
- pojištění zásob

Optimální velikost objednávky

$$Q^{opt} = \sqrt{\frac{2 \cdot S \cdot n_j}{T \cdot c \cdot n_s}} \quad [jednotek] \quad (3)$$

Počet dodávek

$$o = \frac{S}{Q^{opt}} \quad [-] \quad (14)$$

Kde:

o - počet dodávek [-]

Q^{opt} - optimální velikost objednávky [jednotek]

S - očekávaná spotřeba [jednotek]

Při uzavírání smlouvy s dodavatelem je třeba také určit dodací cykly a termíny mezi po sobě jdoucími dodávkami t_c . K tomu stačí vydělit délku období T optimálním počtem objednávek.

Dodací cyklus

$$t_c = \frac{T}{o} \quad [den] \quad (15)$$

Kde:

T - sledované období [den]

o - počet dodávek [-]

Denní spotřeba

$$d = \frac{S}{T} \quad [jednotek/den] \quad (16)$$

Kde:

T - sledované období [den]

S - očekávaná spotřeba [jednotek]

Celkové náklady na pořízení a uskladnění zásob při objednávkách o vypočtené optimální velikosti a očekávané spotřebě. V těchto nákladech není zahrnuta cena položky

$$N = \sqrt{2 \cdot S \cdot T \cdot c \cdot n_s \cdot n_j} \quad [Kč] \quad (8)$$

Kde:

- S - očekávaná spotřeba [jednotek]
 n_J - objednacích náklady [Kč]
 T - sledované období = 1 [-]
 c - cena položky [Kč]
 n_S - náklady na udržování zásob [%/cena položky]
 n_J - objednacích náklady [Kč]

V případě, zvýšení počtu výdejů jednotlivých položek ze skladu může dojít k případnému nedostatku zásob vlivem objednávek v pravidelných intervalech. Je zapotřebí sledovat signální hladinu zásob a pokud by došlo k poklesu zásob na úroveň signální hladiny, je nutné provést objednávku. Signální hladina se stanovuje jako násobek pojistného činitele, denní spotřeby a objednáčního času.

$$\text{signální hladina } Z_o = (1 + R) \cdot t_o \cdot m_i \quad [\text{jednotek}] \quad (17)$$

Kde:

- Z_o - signální hladina [jednotek]
 R - pojistný činitel, který vyjadřuje určitý počet směrodatných odchylek odpovídající určitému procentu krytí požadavků [-]
 t_o - dodací čas [dny]
 m_i - průměrná denní spotřeba [jednotek]

2.3.1 Úprava modelu pro nespojitou poptávku [7]

Jestliže dodávka mezi partnery v zásobovacích řetězcích je limitována na násobky nějakého minimálního množství q . Odběratel musí upravit optimální velikost objednávky v závislosti na této podmínce.

tj. $Q = q, 2q, 3q, \dots$

Nalezení optimální velikosti objednávky:

- vypočtu podíl ve střední části nerovnosti, což bude kritérium
- sestavím tabulku, v níž budu postupně vypočítávat levé a pravé členy nerovnosti tak dlouho, až bude pro příslušné Q splněná nerovnost.

$$Q(Q + q) \geq \frac{2 \cdot S \cdot n_j}{T \cdot c \cdot n_s} \geq Q(Q - q) \quad [\text{jednotek}] \quad (18)$$

Kde:

- Q - násobek minimální velikosti objednávky [jednotek]
- q - minimální velikost objednávky [jednotek]
- S - očekávaná spotřeba [jednotek]
- n_j - objednávací náklady [Kč]
- T - sledované období = 1 [-]
- c - cena položky [Kč]

Postup zjištění dalších výsledků, jako je počet dodávek a dodací cyklus, signální hladina a celkové náklady se již shodují s klasickým deterministickým modelem pro výpočet optimální velikosti objednávky.

3 Údržbové systémy dopravních prostředků

Údržbové systémy dopravních prostředků jsou nezbytným prostředkem pro zachování jejich provozuschopnosti, zejména pak údržbový systém se zaručenou bezporuchovostí. Pro návrh nového systému zásobování je nutné vysvětlit základní pojmy a rozdělení jednotlivých typů údržbových systémů.

3.1 Základní pojmy [3]

Udržování – kombinace všech technických a administrativních činností zaměřených na udržení ve stavu nebo obnovení objektu do stavu, v němž může plnit požadovanou funkci.

Údržbový zásah – sled základních údržbářských úkonů prováděný pro daný účel.

Preventivní údržba – prováděná v předem určených intervalech, zaměřená na snížení pravděpodobnosti poruchy nebo degradace fungování objektu.

Oprava – souhrn činností zaměřených na obnovení provozuschopného stavu objektu nebo jeho součástí.

Základní cyklus preventivní údržby – nejmenší opakující se interval nebo doba provozu objektu, během které se provádějí určité posloupnosti prací, v souladu s požadavky normativně-technické dokumentace, předepsané druhy preventivní údržby.

Údržba po poruše – prováděná po zjištění poruchového stavu a zaměřená na uvedení objektu do stavu, v němž může plnit požadovanou funkci.

Údržbová soustava – představuje soubor prostředků, dokumentace pro údržbu a pracovníků, nezbytných pro údržbu a obnovu provozuschopnosti objektů patřících do této soustavy. Soustavou je myšleno materiálně-technické zabezpečení, které zabezpečuje schopnost údržbové organizace poskytovat nutné zdroje pro provádění údržby při daném systému údržby a za daných podmínek.

3.2 Základní typy údržbových systémů

Údržbový systém navržený pro vozidla musí respektovat průběh opotřebení součástí vozidla i vozidla jako celku. Cykličnost údržbových zásahů je pro vozidla volena v závislosti na výkonovém parametru, který charakterizuje průběh opotřebení součástí. Nejčastěji se používá:

- doba provozu vozidla – provozní hodiny,
- kilometrický proběh vozidla,
- stáří vozidla,
- doba práce spalovacího motoru – motohodiny,
- množství spotřebovaného paliva spalovacím motorem,
- doba chodu elektrických přístrojů pod napětím,
- počet cyklů.

Výrobci silničních vozidel vyžadují dodržení jimi stanovených podmínek údržby po dobu trvání záruční doby a zároveň doporučují dodržet tyto podmínky po skončení záruční doby. Naopak množství provozovatelů silničních vozidel po ukončení záruční doby částečně změnil systém údržby a dosáhne tak zlepšení efektivity, protože zná lépe vlastní provozní podmínky a umí jim přizpůsobit systém údržby. Vždy však existují jisté základní principy, které jsou předem dány volbou systému údržby.

Z hlediska údržby je možné údržbové systémy rozdělit do tří skupin:

Individuální – každý prvek je udržován tehdy, kdy je to z hlediska spolehlivosti prvku nejvýhodnější. Dosáhne se tím maximální využití vnitřní spolehlivosti a z hlediska tohoto prvku i efektivity. Nevýhodou je, pokud je takových prvků v jednom stroji více, zvýšení doby prostojů v údržbě je neúměrné, protože individuální údržba zpravidla neumožňuje kumulaci prací. Používá se proto pro prvky velmi drahé, z logistiky obtížně dostupné.

Skupinový – skupinová údržba umožňuje účelně seskupit plánované práce, tyto probíhají na více prvcích současně. Seskupením se sníží doba prostojů vozidla v údržbě, současně klesá pracnost přípravy k provádění údržby. Je nutné vypracovat souhrnný přehled prací v každé skupině, obvykle na základě analýzy. Skupinový systém je vhodný v případech hodnocení opatření prvků použitím vizuální prohlídky, velmi často se používá u silničních vozidel.

Komplexní – údržba se provádí na všech prvcích současně. Systém je vhodný pro rozsáhlé výrobní technologie. Minimalizuje prostoj v údržbě.

3.2.1 Údržbový systém po poruše

Tento systém je historicky nejstarší. Údržba je prováděna až v okamžiku, kdy dojde k poruše prvku, není tedy prováděna preventivně. Doby do poruchy prvku jsou náhodnou veličinou, porucha přichází neočekávaně. Porucha prvku proto nesmí ohrozit bezpečnost, životní prostředí, neměla by způsobit okamžitou neprovozuschopnost nebo vyvolat vznik poškození ostatních prvků. Prvek by měl být snadno vyměnitelný, aby se snížila doba prostoje v údržbě.

Systém údržby po poruše je někdy nazýván systémem nápravným, jelikož je zde snaha jen odstranit (napravit) důsledky opotřebení a nesnaží se jím předcházet, případně je snižovat. Používá se proto i u prvků, kde je obtížné nebo nemožné zjistit velikost opotřebení, např. elektronické součástky. Potom je ovšem nutné při zvýšených požadavcích na spolehlivost použít některý ze způsobů zálohování.

3.2.2 Údržbový systém se zaručenou bezporuchovostí

Údržbový systém se zaručenou bezporuchovostí je pravým opakem systému po poruše. Poskytuje velmi vysokou, předem určenou bezporuchovost prvků nebo celých systémů. Je využíván u součástí nebo systémů kritických z hlediska bezpečnosti nebo ohrožení životního prostředí, kde prakticky není možné použít zálohování. Údržba nebo obnova se provádí v předem stanovených intervalech, proto je nutné zajistit sledování a evidenci příslušného výkonového parametru, např. kilometrického proběhu vozidla. Údržba a obnova probíhá zásadně podle předepsaných technologických postupů, prvek je zpravidla po jistém proběhu vyřazen a nahrazen novým, nebo je provedena velmi důkladná kontrola s využitím nedestruktivních metod, např. defektoskopie.

Abychom mohli zavést tento systém je nutné mít velmi dobrou znalost parametrů spolehlivosti, vypracované podrobné technologické postupy, normy spotřeby práce a materiálu, fungující logistickou podporu. Interval je možné určit, pokud jsou známy parametry rozdělení dob do poruchy. I když tento systém má vysoké náklady, mnohdy mohou být mnohonásobně nižší, než ztráty vzniklé následkem poruchy.

Údržbový systém se zaručenou bezporuchovostí je preventivní systém a údržba prvků probíhá v pevně stanovených intervalech. Při vzniku náhlé poruchy je možné rozlišit údržbový

systém bez ohledu na věk prvků, kdy doba do preventivní údržby není náhlou poruchou v čase ovlivněna, a údržbový systém s ohledem na věk, kdy při náhlé poruše v čase začíná nový interval po jeho obnově.

3.2.3 Údržbový systém po prohlídce

Údržbový systém po prohlídce (inspekci), využívá pravidelných prohlídek často spojených s diagnostickým testem ke zjištění technického stavu objektů. Po získání údajů o velikosti opotřebení (skutečného technického stavu) je stanovena další doba provozu objektu, nutný rozsah údržby a doba jejího trvání, je sestaven operativní plán údržby. S časovým odstupem za prohlídkou je provedena údržba a opravy, odstraní se dodatečně zjištěné závady.

Systém je pružný, umožňuje reagovat na změnu provozních podmínek, přináší však snížení bezpečnosti a spolehlivosti. Časový odstup realizace údržby je výhodný i z hlediska logistické podpory. Sestavením operativního plánu údržby je zřejmé, jaké prvky (součásti) je nutné vyměnit, obecně, jaký bude potřeba materiál na provedení údržby a oprav. Vzniká jistý předstih mezi okamžikem spotřeby před okamžikem vzniku požadavku na materiál, což vede ke snížení nároků na rychlost dodávek.

4 Analýza současného stavu logistického zabezpečení údržby silničních vozidel

Analýza současného stavu logistického zabezpečení údržby v opravárenské firmě, spočívá ve zjištění nejčastěji prováděných servisních úkonech a zařazení těchto úkonů do jednotlivých údržbových systémů. Dále pak seřazení vydaných položek ze skladu za rok 2009 podle podílu na celkové spotřebě a pomocí ABC analýzy rozdělení položek do skupin, podle jejich podílu na této spotřebě.

4.1 Popis firmy

4.1.1 Firma [8]

Jedná se o akciovou společnost ČSAD Havířov a.s. (obr. 5), která vznikla 1. 5. 1992 na základě schváleného privatizačního projektu. Tímto došlo k přeměně dřívějšího závodu státních podniků ČSAD Ostrava na soukromé komerční společnosti. V roce 1997 došlo k začlenění do skupiny obchodních, dopravních a výrobních firem sdružených kolem společnosti CIDEM Hranice a.s.



Obr. 5: Logo firmy

ČSAD Havířov a.s. patří k největším a nejvýznamnějším dopravním firmám v rámci Moravskoslezského kraje. Je držitelem certifikátu systému řízení jakosti podle požadavku normy ČSN EN ISO 9001:2000 od mezinárodní akreditované certifikační společnosti DEKRA Certification GmbH.

Společnost rovněž provozuje servisní středisko provádějící údržbu, opravy a servisní služby užitkových vozidel, nákladních vozidel a hlavně autobusů, včetně celkových rekonstrukcí. Toto servisní středisko je autorizovaným servisem autobusů IVECO Irisbus a zároveň je prodejcem náhradních dílů a ostatních provozních materiálů na tyto autobusy

4.1.2 Zázemí firmy

Dobré servisní zázemí je nutností pro bezproblémový chod při plnění požadavků zákazníků. Servis disponuje vybavenou dílnou pro opravy mechanických závad, diagnostickým centrem, karosárnou a lakovnou a také čalounickou dílnou pro opravy interiérového vybavení vozidel.

4.2 Prováděné servisní úkony

4.2.1 Preventivní údržba vozidel

Z celkové činnosti tvoří preventivní údržba vozidel významnou část. Preventivní údržba je nezbytná pro vozidla, na která se vztahuje záruka výrobce a rozsah provedených úkonů včetně kilometrického proběhu udává výrobce.

Výměna motorového oleje

Intervaly výměny motorového oleje jsou stanoveny výrobcem vozidla a současně s provedením této výměny dochází také k výměně olejového filtru. Pro správnou funkci motoru je nutno tyto intervaly dodržet.

Výměna vzduchového filtru

Úzce souvisí s preventivní údržbou týkající se výměny motorového oleje a olejového filtru. Opotřebení vzduchového filtru nezpůsobuje zpravidla žádné poruchy na vozidle, jeho nadměrné znečištění může mít za následek zvýšení spotřeby paliva a také výrazné snížení výkonu motoru. Interval výměny rovněž předepisuje výrobce vozidla. V případě, že je vozidlo vybaveno bavlněným filtrem, disponuje servis sadou na jeho očistu.

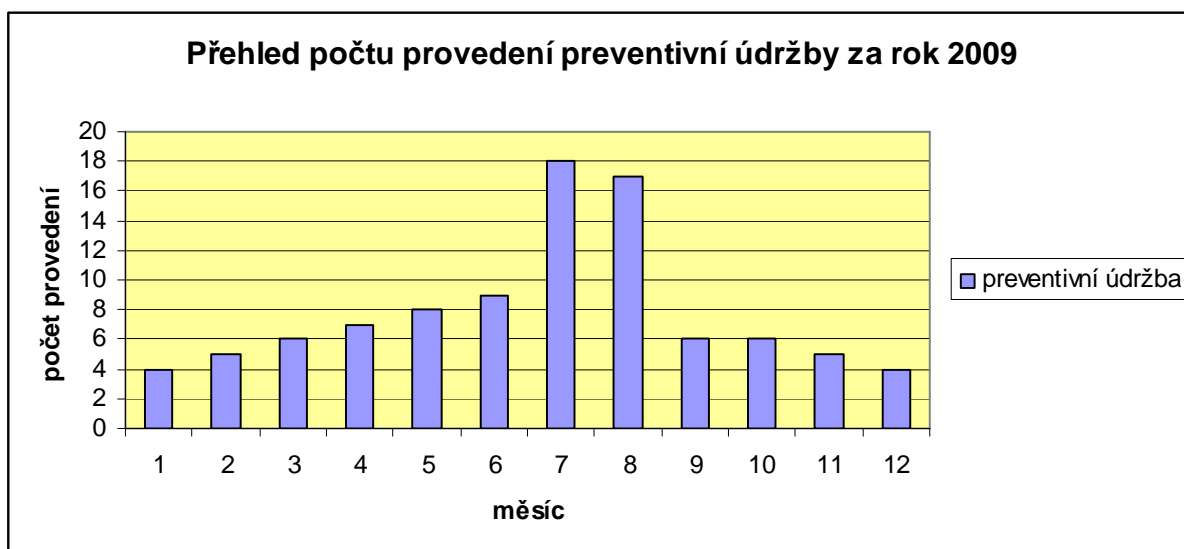
Výměna žhavicích svíček

V rámci preventivní prohlídky jsou měněny také žhavicí svíčky z důvodu jejich velkého opotřebí ve vozidlech používaných ČSAD Havířov a.s. pro hromadnou dopravu osob.

Výměna rozvodového ústrojí

Výměna rozvodového ústrojí tvoří velmi důležitou součásti preventivní údržby většiny silničních vozidel. Při případné poruše tohoto ústrojí hrozí vysoké škody na motoru vozidla, v některých případech dokonce jeho zničení. Náklady na odstranění takovéto poruchy jsou velmi finančně náročné. Interval výměny rozvodového ústrojí předepisuje výrobce vozidla (například co 90 000 km).

Za rok 2009 bylo provedeno v opravárenské firmě celkem 95 preventivních údržeb vozidel. Graficky (graf 1) jsem rozdělil preventivní údržby, tak jak probíhali po jednotlivých měsících. Z rozdělení je patrné, že preventivní údržby jsou plánovány a prováděny více v letních měsících. Vysvětlení tohoto jevu je jednoduché, v letních měsících je z důvodu školních prázdnin méně cestujících a tím pádem je také omezen počet spojů na jednotlivých linkách. Autobusy jsou nasazovány na menší počet spojů a vzniká tak možnost provádět preventivní údržbu. Z tohoto důvodu dochází v těchto měsících k nakumulování požadavků na údržbu a tím pádem také výdejů jednotlivých položek ze skladu



Graf 1: přehled počtu provedení preventivní údržby v roce 2009

4.2.2 Opravy po prohlídce

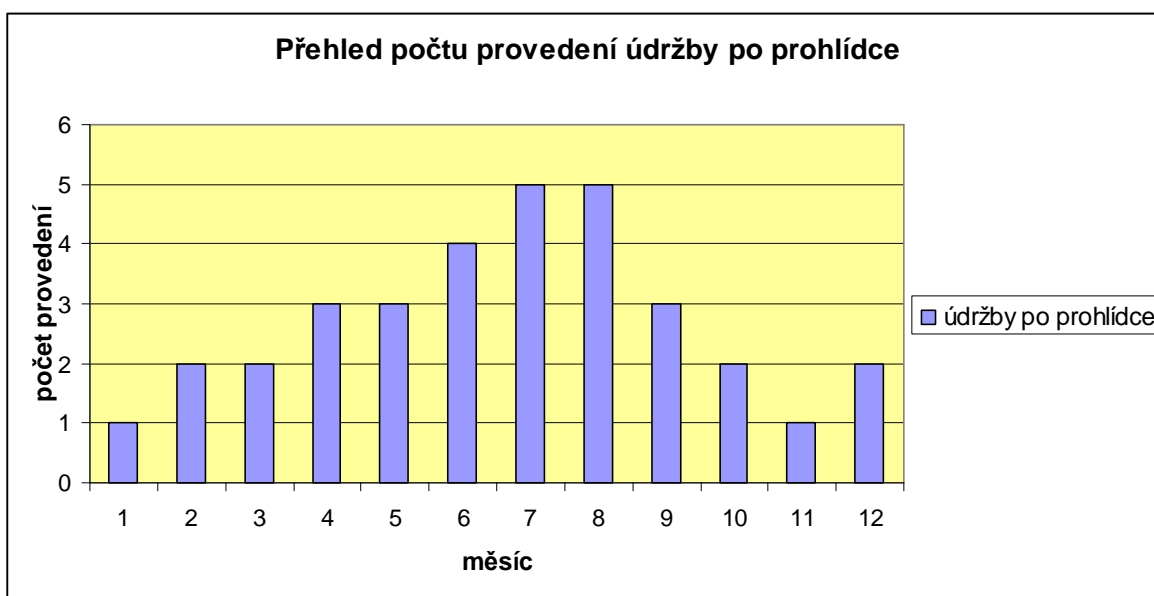
Výměna brzdového obložení

Nejčastější opravou po prohlídce je výměna brzdového obložení, popřípadě celého brzdového zařízení. Po prohlídce je stanovena další doba provozu. Teprve s časovým odstupem dochází k následné opravě.

Kontrola geometrie náprav

Vzhledem k vybavenosti servisu zařízením pro kontrolu geometrie náprav, které využívá laserovou technologii, patří i tento servisní úkon k velmi častým. Nejprve probíhá měření přímo na vozidle a takto získané hodnoty jsou porovnány s hodnotami pro konkrétní typ vozidla, které udává výrobce. Pokud naměřené hodnoty nespádají do určené tolerance, dojde k okamžitému seřízení. Špatně seřízená geometrie náprav vede zejména k nadměrnému opotřebení pneumatik a může tak zapříčinit zvýšení spotřeby paliva.

Údržbu po prohlídce provedla opravárenská firma v roce 2009 celkem 33. V grafu (graf 2) jsem rozdělil celkový počet provedených údržeb na jednotlivé měsíce.



Graf 2: přehled počtu provedení údržby po prohlídce v roce 2009

4.2.3 Opravy po poruše

Opravy mechanických částí vozidel

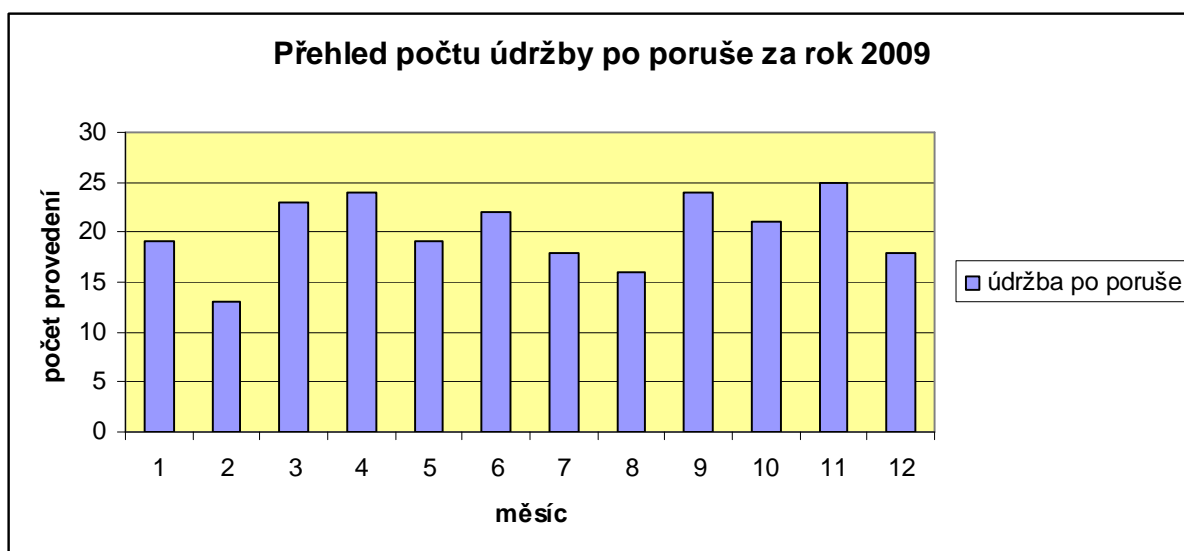
Servis rovněž provádí opravy všech poruch mechanických částí vozidel. Tyto poruchy většinou vznikají náhle, a proto často dochází k nutnosti objednání náhradních dílů, kterými aktuálně sklad nedisponuje. Dochází tak k časovým prostojům, které jsou ovšem z ekonomického hlediska pro zákazníka (dopravce) nežádoucí. Vzhledem k tomu, že servis opravuje vozidla pouze jedné značky pod dobu několika let, je možné zanalyzovat data

servisních úkonů a připravit zásobování servisu, tak aby v případě vzniku mechanické opravy byli na skladě potřebné díly.

Opravy karoserií vozidel

Areál firmy je vybaven dílnou pro opravy karoserií a samostatnou lakovnou. Zázemí karosárny umožňuje jak opravy lehce poškozených dílů, tak opravy silně poškozených vozidel, jejichž opravy jsou velmi náročné jak na čas, tak na použitou technologii a odbornou způsobilost zaměstnanců.

Oprávérenská firma v roce 2009 nejčastěji prováděla údržbu po poruše, celkem 242. Jednalo se zejména o menší opravy karoserií vozidel, jejichž poškození vzniklo při dopravních nehodách, ale také opravy mechanických částí. Graf (graf 3) znázorňuje průběh provedených údržeb po poruše v roce 2009 v jednotlivých měsících.



Graf 2: přehled počtu provedení údržby po poruše v roce 2009

4.3 Současný stav logistického zabezpečení údržby silničních vozidel

Oprávérenská firma má mít na skladě nezbytné množství potřebných náhradních dílů a dostatek provozních kapalin. Toto množství by mělo pokrýt poptávku až do přijetí další objednávky, u méně používaných dílů by mělo doručení proběhnout co nejrychleji, aby nedocházelo ke zbytečným prostojům v servisní činnosti. Běžné náhradní díly dodávají dvě firmy. Firma Globus car dováží potřební díly do jednoho dne a firma Auto Kelly, která je schopna přivést náhradní díly až dvakrát denně. Zásobování ovšem řeším v autorizovaném servise autobusů zn. Karosa (Irisbus). Většinu náhradních dílů je proto nutno odebírat pouze

od výrobce z Vysokého Mýta, popřípadě z Itálie, kde působí koncern Irisbus pod který Karosa spadá. Firma disponuje dostatečně velkými prostory pro skladování zásob. Kapaliny a maziva jsou umístěny v samostatné budově.

4.3.1 Skladování a řízení zásob

Systém zásobování použitý v opravárenské firmě využívá systém řízení poptávkou („pull“). Objednání požadovaného materiálu (dílu) probíhá až po klesnutí zásob pod stanovenou minimální hranici, popřípadě po vyslovení požadavku na jeho objednání, není-li skladem. Objednávání motorových olejů probíhá pravidelně jednou měsíčně. Množství je stanoveno odborným odhadem technického pracovníka, vždy podle aktuální potřeby a stavu zásob. Lze tedy říci, že pro objednávání motorových olejů je využívána zásobovací strategie „t, S“.

Systém skladování provozních kapalin (směsi do ostřikovačů, brzdové kapaliny) maziv a některých náhradních dílů (motorové oleje, olejové filtry, vzduchové filtry, zapalovací svíčky, stěrače) je tzv. systém řízení poptávkou („pull“). Společnost má určenou hranici zásob (signální hladinu zásob). Pokud zásoba klesne pod tuto hranici, je nutné ji doplnit. Nesmí dojít k situaci, že by dané zboží v případě potřeby nebylo na skladu, proto probíhá sledování stavu zásob vyškoleným servisním technikem.

Všichni dodavatelé poskytují dopravu přímo do servisu, není tedy nutné pro jakékoliv náhradní díly ani jiné zásoby dojíždět.

4.3.2 Výběr náhradních dílů

V současné době je možné volit dva různé přístupy objednávání náhradních dílů. Objednávání originálních náhradních dílů přímo od výrobce vozidla, nebo použití náhradních dílů neoriginálních od jiných výrobců.

4.3.3 Stávající dodavatelé náhradních dílů

Opravárenská firma dlouhodobě spolupracuje se čtyřmi dodavateli náhradních dílů. Sortiment těchto dodavatelů je pro chod servisu nepostradatelný a jednotlivé položky jsou nejen nakupovány, ale také v servise uskladňovány. U všech současných dodavatelů jsem provedl porovnání výhod a nevýhod do tabulek (tab. 1 – 4).

Tab. 1: Iveco Czech republic a.s.

Dodavatel	
Iveco Czech republic, a.s.	
výhody	nevýhody
speciální ceny pro autorizovaný servis	delší dodací lhůty některých dílů
široký sortiment	
originální náhradní díly	
silná pozice na trhu,	
dlouholetá tradice	
dovoz přímo do servisu	

Tab. 2: Fipart s.r.o.

Dodavatel	
Fipart s.r.o.	
výhody	nevýhody
	delší dodací lhůty (1x týdně) - objednávky do čtvrtka
široký sortiment	
originální náhradní díly	vyšší ceny
dovoz přímo do servisu	
silná pozice na trhu,	
dlouholetá tradice	
dovoz přímo do servisu	

Tab. 3: Auto Kelly, a.s.

Dodavatel	
Auto Kelly, a.s.	
výhody	nevýhody
krátké dodací časy (2x denně)	nižší kvalita neoriginálních dílů
sleva až 25 %	zpoplatnění dovozu
široký sortiment	
silná pozice na trhu,	
dlouholetá tradice	
dovoz přímo do servisu	

Tab. 4: Globus car s.r.o.

Dodavatel	
Globus car s.r.o.	
výhody	nevýhody
	nižší kvalita neoriginálních dílů
krátké dodací časy	
dovoz přímo do servisu	

4.4 Vstupní analýza

Výdej náhradních dílů ze skladu za rok 2009 lze rozdělit do dvou základních kategorií:

a) Náhradní díly (položky) pro preventivní údržbu.

Tyto náhradní díly se objednávají ještě před vyslovením požadavku zákazníka na jeho odběr.

b) Náhradní díly (položky) pro opravy po poruše, nebo po prohlídce.

Tyto náhradní díly se objednávají až po určení závady na konkrétním vozidle a jsou použity v nejbližším možném termínu.

Zabývat se pouze položkami patřící do skupiny náhradních dílů pro preventivní údržbu by nebylo pro návrh systému zásobování dostačující. Položky ze skupiny náhradních dílů oprav po poruše nejsou vesměs na skladě a dochází tak k ekonomickým ztrátám z důvodu prostojů. Provedu tedy také analýzu nejčastějších oprav po poruše a navrhnu zásobování náhradních dílů pro tyto opravy. Aktuální hladina zásob každé z těchto položek musí být vždy větší než nula.

4.4.1 ABC analýza

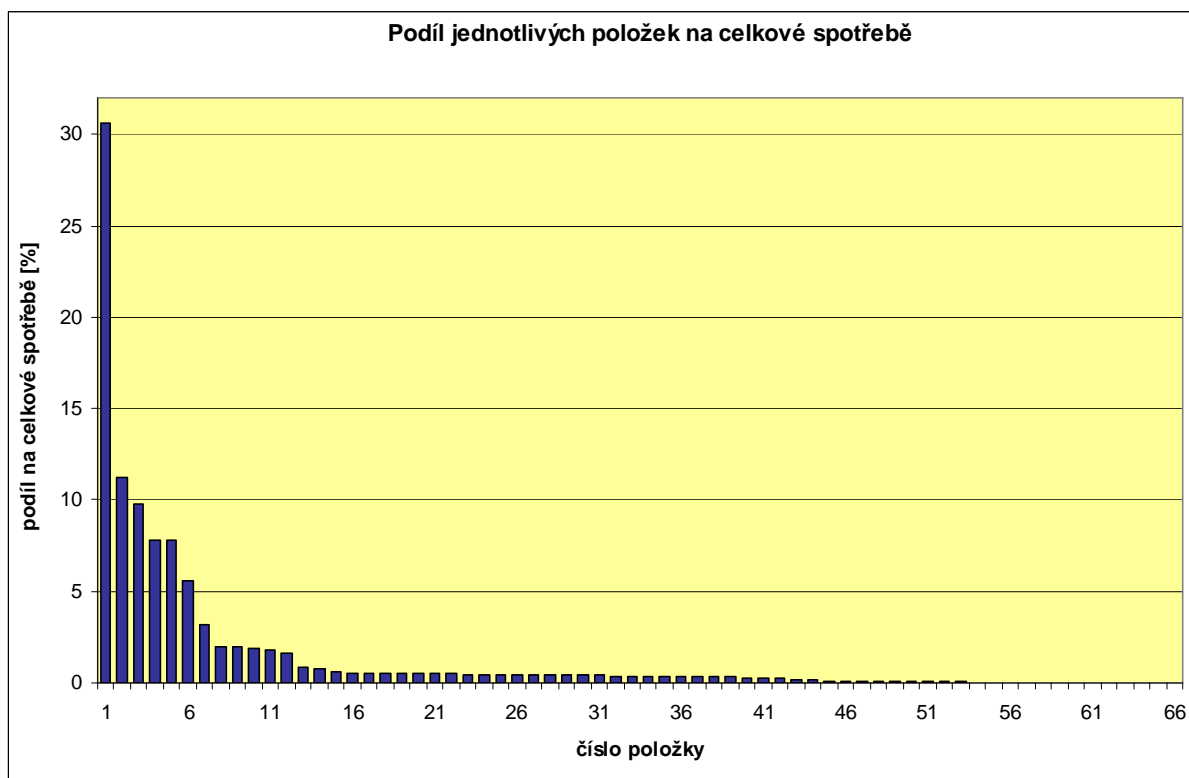
V rámci diplomové práce je vhodné rozdělit jednotlivé položky do skupin, vybrat rozhodující z nich a na základě tohoto výběru realizovat změnu systému zásobování. Vhodným nástrojem pro uskutečnění takového výběru je **ABC analýza**. Metoda vychází z Paretovy zákonitosti. Z tohoto pravidla vyplývá, že malý počet položek má velký vliv na celkový výsledek a je tedy neúčelné věnovat všem položkám stejnou pozornost.

ABC analýzu provedu na datech servisu ČSAD Havířov a.s., která znázorňují výdej náhradních dílů (položek) ze skladu za rok 2009. Rozhodujícím kritériem pro výběr položek bylo množství spotřebovaných jednotek (ks,l) za daný kalendářní rok. V tabulce (tab. 5) jsou skladové položky seřazeny dle podílu na celkové roční spotřebě v základních jednotkách. V tabulce jsou uvedeny pouze položky přesahující 0,7% podílu na celkové spotřebě z důvodu velkého množství dat. Celá tabulka je obsahem přílohy 1. Z tabulky je patrné, že největší podíl na spotřebě mají motorové oleje, žárovky, kapaliny do ostříkovačů, zážehové svíčky, olejové, palivové a vzduchové filtry. Výběr nejvíce vydávaných položek uzavírají stírací gumy na čelní okna autobusů a díly potřebné pro opravy po poruše Lambda sonda a Doiser modul.

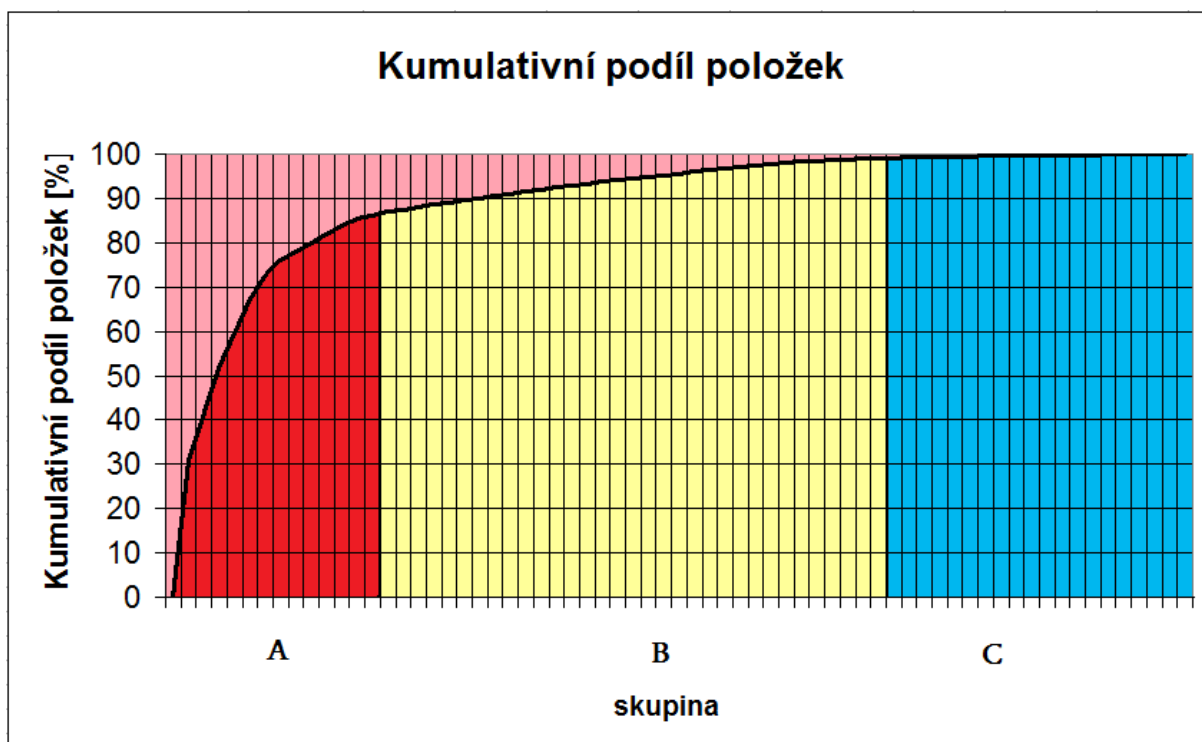
Tab. 5: Roční spotřeba skladovaného materiálu

Číslo položky	Položka	Spotřeba jednotek [ks(l)]	Jednotková cena [Kč/ks(l)]	Podíl na celkové spotřebě [%]	Pořizovací cena [Kč]
1.	Olej SAE 10W40	1 500	125,00	30,75	187 500,00
2.	Žárovka 24V 3W W2,1X9,5D H	550	8,41	11,28	4 625,50
3.	Olej SAE 15W40	480	82,00	9,84	39 360,00
4.	Žárovka 24V 5W BA15S HELLA	384	8,54	7,87	3 279,36
5.	Žárovka 24V 1,2W W2x4,6d H	384	3,24	7,87	1 244,16
6.	GLACIDET	274	33,14	5,62	9 080,36
7.	Svíčky	154	66,84	3,16	10 293,36
8.	Olejový filtr	98	739,70	2,01	72 490,60
9.	Palivový filtr	97	123,86	1,99	12 014,42
10.	Vzduchový filtr	91	970,02	1,87	88 271,82
11.	Žárovka 24V H4 75/70W HELLA	90	82,74	1,85	7 446,60
12.	Stírací guma	78	44,92	1,60	3 503,76
13.	Lambda sonda	40	1 109,80	0,82	44 392,00
14.	Doiser modul	37	6 355,72	0,76	235 161,64

Do grafu (graf 3) jsem znázornil procentuální podíl jednotlivých položek na celkové spotřebě a kumulativní podíl položek (graf 4). Pouze prvních 12 skladovaných položek má podíl na spotřebě větší než 1,5%. Rozhodl jsem se, ale do skupiny A zařadit také položku Lambda sonda a Doiser modul. Přestože podíl těchto položek na celkové spotřebě není větší, než 1%, tak pořizovací náklady jsou natolik vysoké, že je vhodné tyto položky také zpracovat do skupiny A.



Graf. 3: Podíl jednotlivých položek na celkové spotřebě

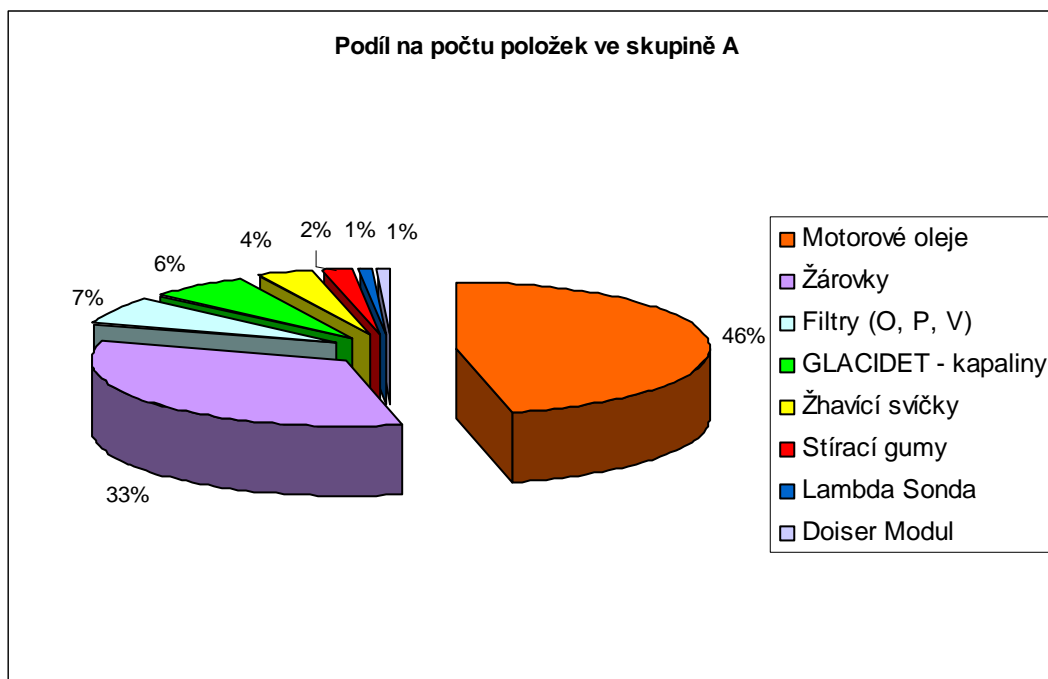


Graf. 4: Kumulativní podíl položek

Pro další postup jsem pracoval pouze s položkami ze skupiny A, které se podílely z více než 80% na celkové spotřebě. Tyto položky jsem dále rozdělil do podskupin, které jsem zaznamenal do tabulky (tab. 6) a pro lepší názornost také do výšečového grafu (graf 5). Z hlediska kvality poskytování služeb není přípustné, aby některá položka z těchto podskupin nebyla na skladě. Jedná se o položky z kategorie pro preventivní údržbu, pouze žárovky, stírací gumy, lambda sonda a Doiser modul patří do kategorie údržby po poruše.

Tab. 6: Rozdělení do skupin podle výsledků analýzy ABC

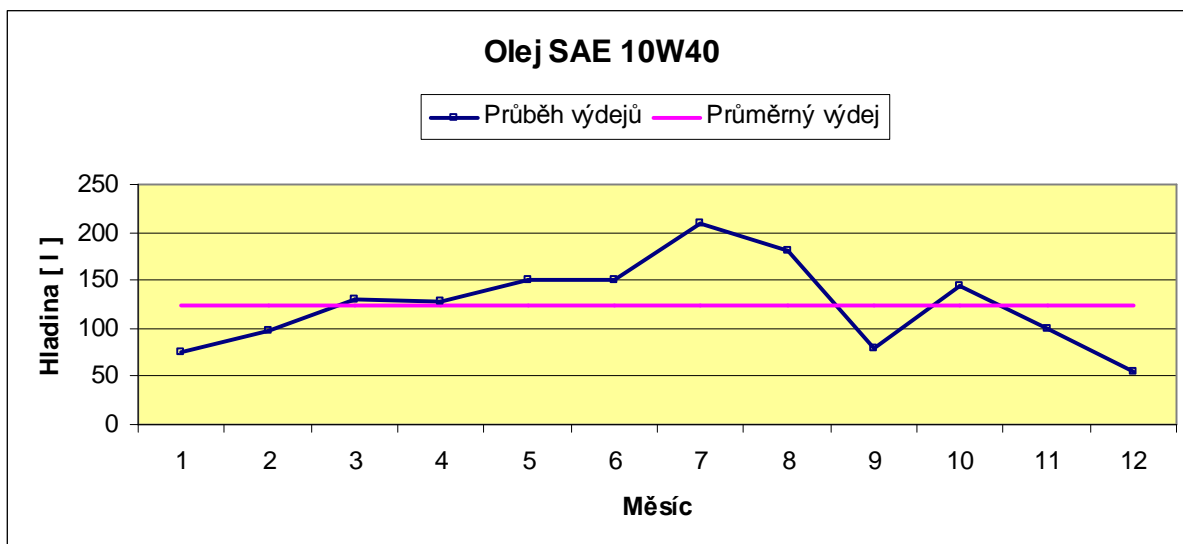
Podskupina	Název skupiny	Podíl na celkové spotřebě	
		Počet jednotek v podskupinách [Ks(l)]	Podíl na celkovém počtu jednotek [%]
A1	Motorové oleje	1 980	40,42
A2	Žárovky	1 427	29,13
A3	Filtry (O, P, V)	286	5,84
A4	GLACIDET - kapaliny	274	5,59
A5	Žhavicí Svíčky	154	3,14
A6	Stírací gumy	78	1,59
A7	Lambda Sonda	40	0,82
A8	Doiser Modul	37	0,76
Celkem		4 276	87,28



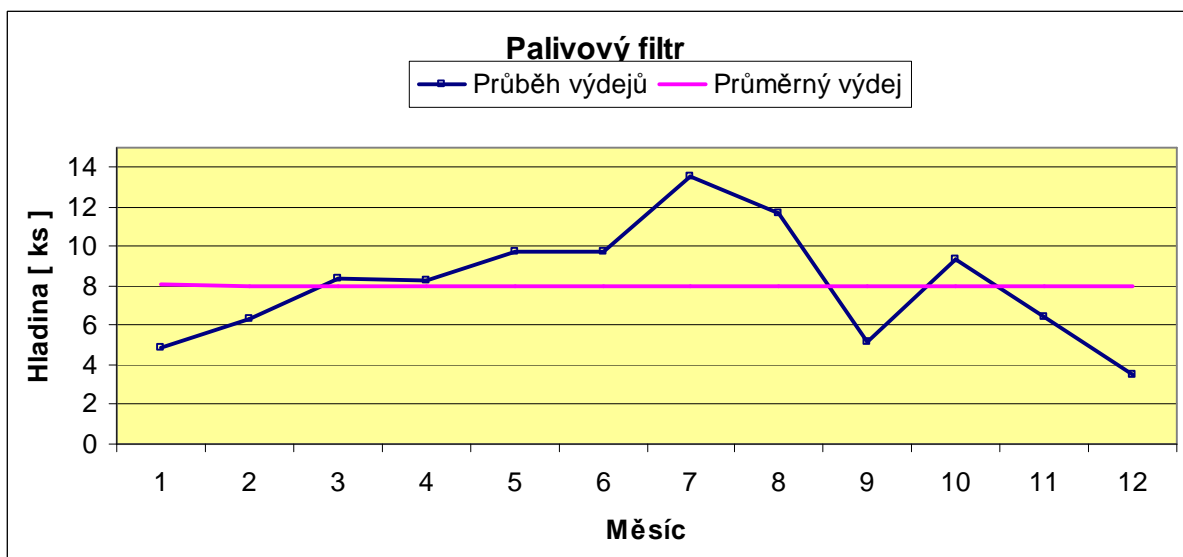
Graf 5: Podíl jednotlivých podskupin na počtu položek

4.4.2 Spotřeba vybraných položek v roce 2009

Porovnal jsem měsíční výdaje položek ze skladu za rok 2009 zařazených do skupiny A v ABC analýze. Z porovnání je patrné, že jednotlivé výdaje položek jsou ovlivněny sezónními výkyvy. Například výdaje motorových olejů, filtrů a svíček jsou větší v letních měsících, než v těch zimních. Vysvětlení tohoto jevu je jednoduché, v letních měsících je z důvodu školních prázdnin méně cestujících a tím pádem je také omezen počet spojů na jednotlivých linkách. Autobusy jsou nasazovány na menší počet spojů a vzniká tak možnost provádět preventivní údržbu. Z tohoto důvodu dochází v těchto měsících k nakumulování požadavků na údržbu a s tím souvisejících výdejů jednotlivých položek ze skladu. Výše uvedené položky tvoří základ pro preventivní údržbu a dochází tak ke zmíněnému nárůstu výdajů těchto položek ze skladu. Grafy (graf 6 a 7) znázorňují skutečné průběhy výdeje ze skladu a průměrnou zásobu motorových olejů SAE 10W40 a palivových filtrů. Grafické znázornění ostatních položek je obsahem přílohy 2.

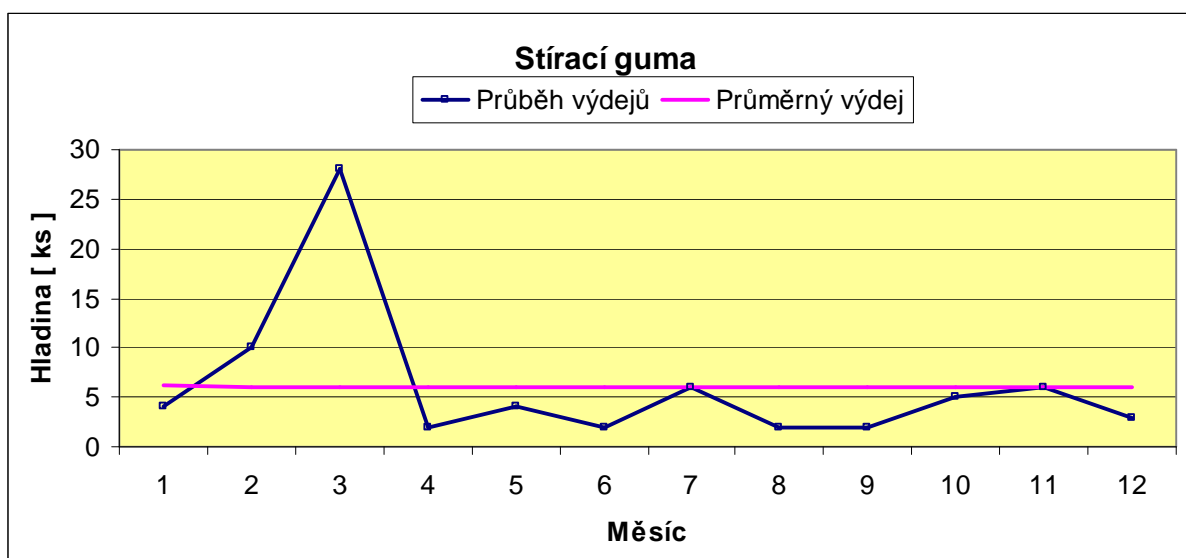


Graf 6: Měsíční průběh výdejů a průměrný výdej v roce 2009 – olej SAE 10W40

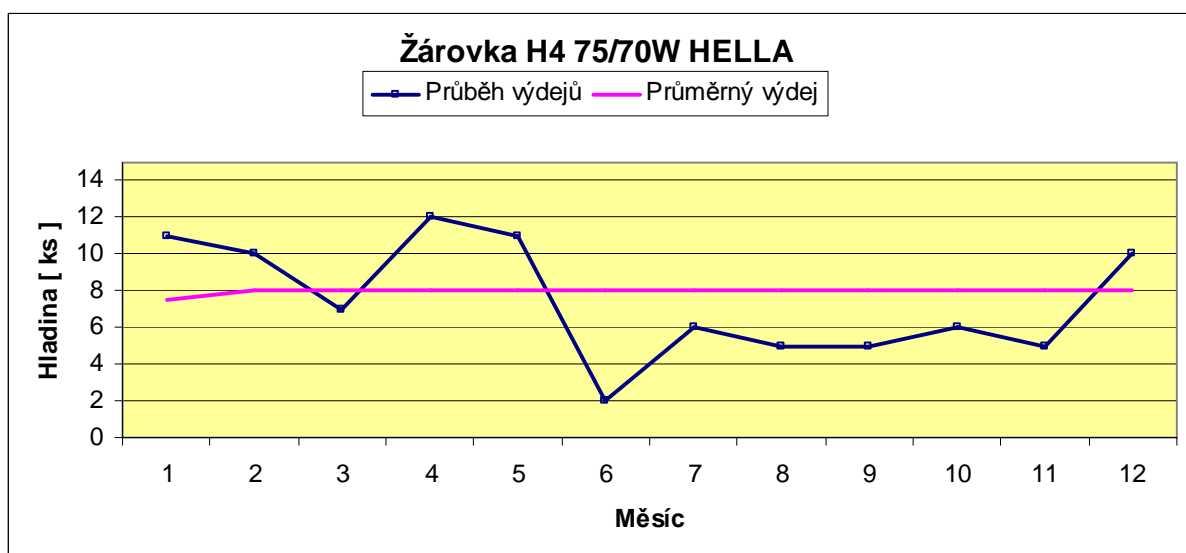


Graf 7: Měsíční průběh výdejů a průměrný výdej v roce 2009 – palivové filtry

U některých položek, které patří do kategorie údržby po poruše je také výdej ze skladu závislý na sezónních výkyvech. Například výdej stíracích gum je větší v zimním období z důvodu špatných povětrnostních podmínek, naopak výdej žárovek není závislý na sezónních výkyvech, ale spíše na počtu ujetých kilometrů. Grafy (graf 8 a 9) znázorňují skutečné průběhy výdaje ze skladu a průměrnou zásobu stíracích gum a žárovek. Grafické znázornění ostatních položek je obsahem přílohy 2.



Graf 8: Měsíční průběh výdejů a průměrný výdej v roce 2009 – stírací guma



Graf 9: Měsíční průběh výdejů a průměrný výdej v roce 2009 – žárovka H4 75/70W H

5 Návrh systému logistického zajištění údržby dopravních prostředků s využitím stochastických a deterministických metod

Pro položky skupiny A z ABC analýzy navrhnu nový systému zásobování. Pro nový systém je zapotřebí provést volbu zásobovací strategie. Vyhledat případné nové dodavatele pro jednotlivé položky a pomocí matematických modelů určit optimální velikost objednávek, tak aby byly náklady na objednávku a uskladnění položek minimální. A zároveň zachovat potřebnou minimální hladinu zásob takovou, aby nedošlo k situaci, kdy potřebná položka nebude na skladě.

5.1 Postup vyhledávání nového dodavatele

Pro výběr nového dodavatele jsem použil tzv. rozhodovací diagram volby dodavatele (obr. 6), který se skládá z devíti kroků [3].

Krok č. 1:

Rozhodnutí, že budeme hledat nového dodavatele.

Krok č. 2:

Nejprve si ujasníme, kterou z priorit od dodavatele budeme očekávat. Mezi hlavní priority patří cena výrobku, čas dodání do firmy, kvalita výrobku a spolehlivost dané firmy.

Krok č. 3:

Dle vybraných priorit zjistíme, jestli již takový dodavatel neexistuje. Mohou tu nastat dvě situace. Buď dodavatel existuje, pak pokračujeme krokem č. 4, ale když jsme dodavatele nenalezli, přesuneme se na krok č. 9.

Krok č. 4:

Zjišťujeme, zda u navrženého dodavatele docílíme nižší ceny a dodací lhůty než u dosavadního dodavatele. V případě, že dosáhneme snížení ceny a dodací lhůty, můžeme pokračovat na krokem č. 8. Pokud se nám nepodaří těchto výhod docílit, pokračujeme krokem č. 5.

Krok č. 5:

V tomto kroku zjišťujeme, zda daný výrobek má vyšší kvalitu než výrobek, který doposud odebíráme od stávajícího dodavatele. Pokud ne, vracíme se na krok č. 3. Pokud ano, pokročíme na krok č. 6.

Krok č. 6:

Zde zjišťujeme, zda nový dodavatel může poskytnout různé slevy při dlouhodobém odběru nebo slevu na dopravu, eventuálně různé výhody při reklamacích. Jestliže se nepodaří docílit žádných výhod, vracíme se na krok č. 3. V případě, že se podaří dohodnout nějaké slevy pokračujeme krokem č. 7.

Krok č. 7:

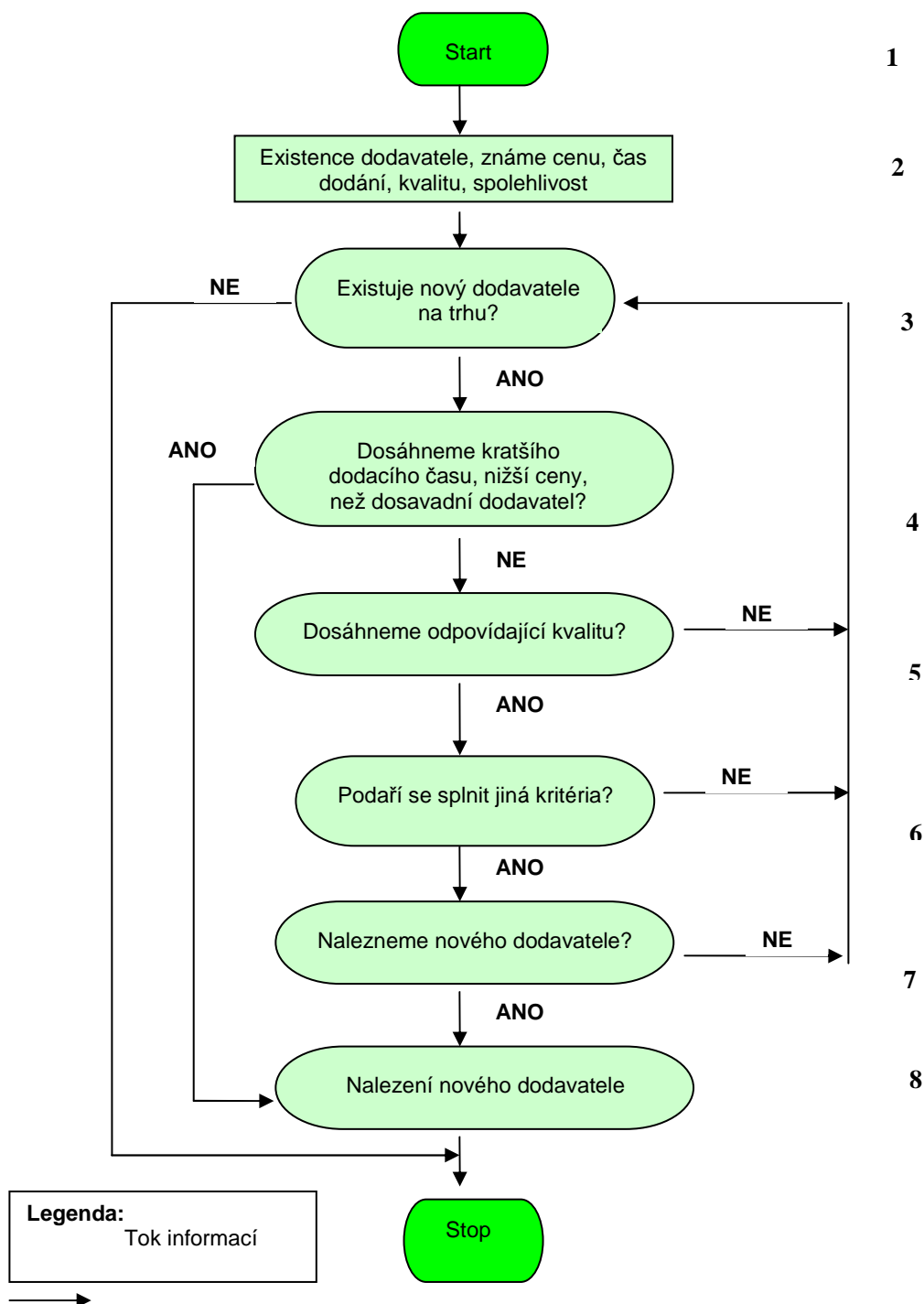
Jestliže se po těchto krocích podaří vyhledat vhodného dodavatele přejdeme na krok č. 8. Ale jestliže se nepodaří vyhledat vhodného dodavatele, musíme se vrátit na krok č. 3 a začít hledat nového dodavatele.

Krok č. 8:

V tomto kroku se nám podařilo nalézt nového dodavatele.

Krok č. 9:

Zde rozhodování o novém dodavateli končí.



Obr. 6: rozhodovací diagram volby dodavatele [3]

5.1.1 Noví dodavatelé

Na základě pravidel rozhodovacího diagramu jsem vyhledal prostřednictvím internetu nové dodavatele pro jednotlivé položky. Mezi těmito potencionálními dodavateli jsem porovnal ceny s přihlédnutím k dodacím lhůtám a případným minimálním odběrem položek. Pro lepší názornost jsem porovnání dodavatelů zavedl do tabulek (tab. 7 – 14) po jednotlivých položkách.

Tab. 7: Porovnání dodavatelů motorových olejů

A1 - druh oleje	dodavatel - cena za 1litr [Kč]		dodací lhůta [den]	minimální odběr [l]	cena dopravy [Kč]
	olej SAE 10W40	olej SAE 15W40			
Olejeservis	119,9	85,3	3	209	0
AZ Auto	171,6	94,8	3	209	0
Olejsgaranci.cz	112	78,1	3	209	0
Současný dodavatel	125	80,8	3	209	0

Tab. 8: Porovnání dodavatelů žárovek

A2- druh žárovek	dodavatel - cena za 1kus [Kč]					dodací lhůta [den]	minimální odběr [ks]	cena dopravy [Kč]
	24V 3W	24V 5W	24V 1,2W	24V H4	24V H1			
	W2,1X9,5D H	BA15S H	W2x4,6d H	75/70W H	70W H			
ACI	8,8	8,8	7,7	119,00	264	2	1	0
ELITE auto	8,4	8,5	5,2	85,70	80,7	2-4	1	150
Auto-georg	8,8	8,55	3,3	84,90	69,4	2	1	150
Současný dodavatel	8,41	8,54	3,24	82,74	68,4	3	50-50-50-10-2	10

Tab. 9: Porovnání dodavatelů filtrů

A3 - druh filtru	dodavatel - cena za 1kus [Kč]			dodací lhůta [den]	minimální odběr [ks]	cena dopravy [Kč]
	olejový filtr	palivový filtr	vzduchový filtr			
Olejsshop.cz	799	375	1012	3	1	nad 3000 Kč zdarma
Fipart	758,2	123,86	970,02	v pondělky	1	nad 2000 Kč zdarma
Autodily	859	3999	1120	3	1	199
Současný dodavatel	739,7	123,86	970,02	3	1	0

Tab. 10: Porovnání dodavatelů kapaliny do ostřikovačů

A4 - kapalina	dodavatel - cena za 1litr [Kč]		dodací lhůta [den]	minimální odběr [l]	cena dopravy [Kč]
	Glacidet - kap.				
Auto KELLY	30,55		1	1	10
Auto-georg	35,6		2	1	150
ELITE auto	45,2		2-4	1	150
Současný dodavatel	33,14		2	50	0

Tab. 11: Porovnání dodavatelů zapalovacích svíček

A5 - svíčky	dodavatel - cena za 1 kus [Kč]			
	svíčky	dodací lhůta [den]	minimální odběr [ks]	cena dopravy [Kč]
Auto KELLY	66,5	1	1	10
Auto-georg	69,94	2	1	150
ELITE auto	74,3	2-4	1	150
Současný dodavatel	66,84	2	1	0

Tab. 12: Porovnání dodavatelů stíracích gum

A6 - stírací gumy	dodavatel - cena za 1 kus [Kč]			
	stírací gumy	dodací lhůta [den]	minimální odběr [ks]	cena dopravy [Kč]
Auto KELLY	85,32	1	1	10
Autosvětla	115,4	2	3	150
Fipart	109,9	v pondělky	1	nad 3000 Kč zdarma
Současný dodavatel	44,92	3	15	0

Tab. 13: Porovnání dodavatelů Lambda sondy

A7 - Lambda sonda	dodavatel - cena za 1 kus [Kč]			
	Lambda sonda	dodací lhůta [den]	minimální odběr [ks]	cena dopravy [Kč]
Motor servis	1439,4	3	1	150
Fipart	1341,5	v pondělky	3	nad 3000 Kč zdarma
Současný dodavatel	1109,8	3	1	0

Tab. 14: Porovnání dodavatelů Doiser modulu

A8 - Doiser modul	dodavatel - cena za 1 kus [Kč]			
	Doiser modul	dodací lhůta [den]	minimální odběr [ks]	cena dopravy [Kč]
Motor servis	7890,12	3	1	150
Fipart	6711,2	v pondělky	3	nad 3000 Kč zdarma
Současný dodavatel	6355,72	3	1	0

Z výše uvedeného porovnání dodavatelů jsem v několika případech našel výhodnějšího dodavatele, který nabízel za stejných dodacích podmínek nižší nákupní cenu než dodavatel stávající. Konkrétně se jedná o nového dodavatele pro motorové oleje, kapalinu do ostřikovačů a žhavící svíčky. Pro ostatní položky jsem nenašel výhodnějšího dodavatele, v těchto případech se tedy pokusím navrhnout optimální velikost objednávky, tak aby byly náklady na pořízení a skladování těchto položek minimální.

5.2 Volba zásobovací strategie

Pro firmu je nejen důležité vybrat vhodné dodavatele, ale rovněž zvolit správnou zásobovací strategii. Při výběru nové zásobovací strategie jsem řešil zásobování nejčastěji

vydáváných položek ze skladu. Jedná se o položky, jejichž spotřeba má stochastický i deterministický charakter.

Při výběru vhodné strategie zásobování musíme přihlížet k mnoha faktorům, které mohou ovlivňovat tento způsob zásobování. Jedná se zejména o dobu logistického zpoždění údržby. Pro vytváření rozhodovacího diagramu (obr. 7) je třeba vycházet z dosavadního dodacího času. Dodací čas položek, na které vytvářím nový zásobovací systém:

- A1 – 3 dny od objednávky
- A2 – 3 dny od objednávky
- A3 – 3 dny od objednávky
- A4 – 2 x denně
- A5 – 2 x denně
- A6 – 3 dny od objednávky
- A7 – 3 dny od objednávky
- A8 – 3 dny od objednávky

Popis jednotlivých kroků v rozhodovacím diagramu při volbě zásobovací strategie:

Krok č. 1:

Rozhodnutí, že budeme zpracovávat novou zásobovací strategii.

Krok č. 2 :

Známe dodací čas dodavatele?

Krok č. 3 :

Odpovídá dodací čas potřebě údržby?

Krok č. 5 :

Navrhujeme zásobování dle potřeby.

Krok č. 6 :

Odpovídá cena dílu, neboli se ptáme zda je možné zajistit nějaké množstevní slevy?

Krok č. 7 :

Můžeme zajistit nějakým způsobem snížení ceny?

Krok č. 8 :

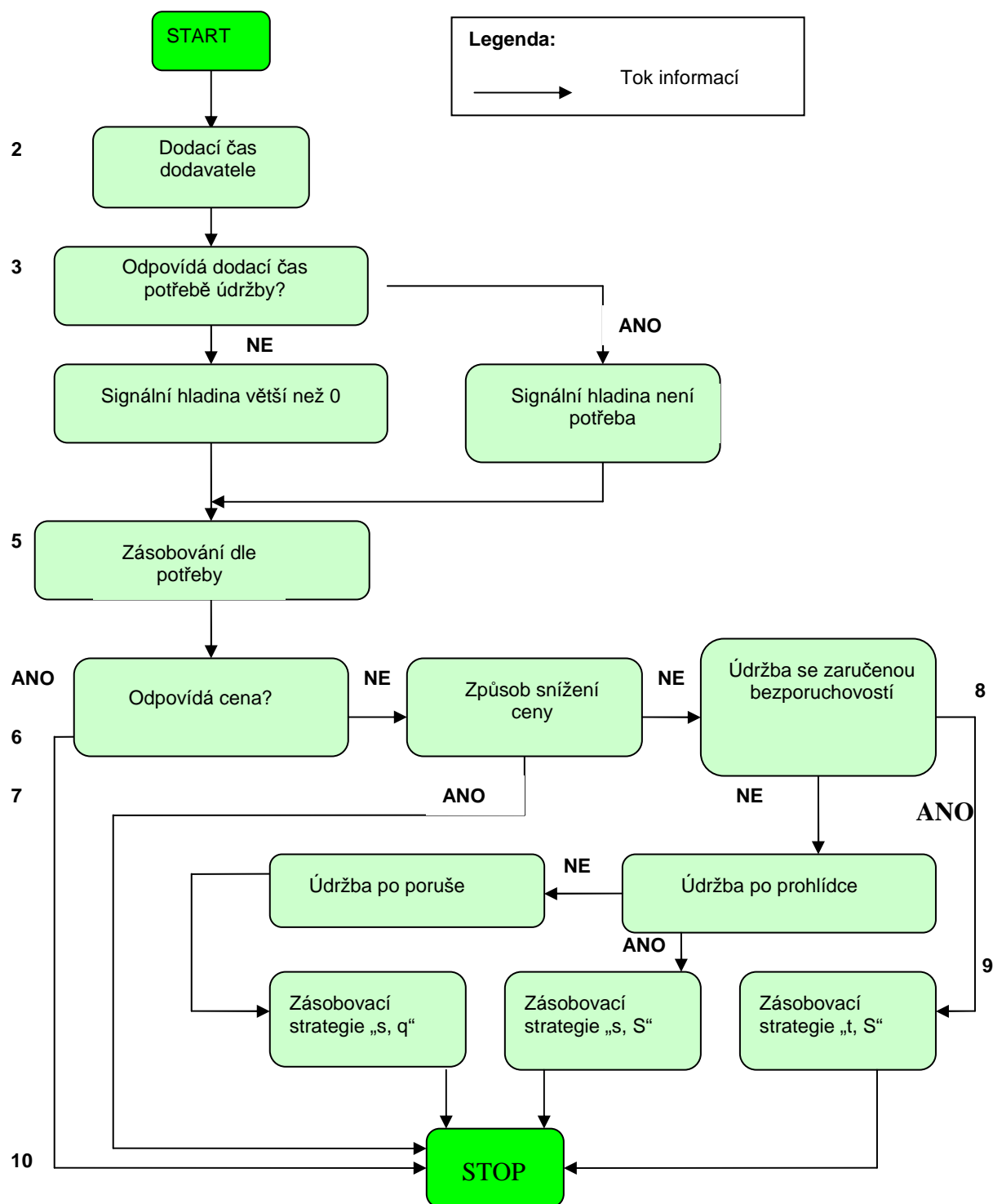
Nyní se ptáme, zda se jedná o údržbu se zaručenou bezporuchovostí? V případě poruchy dojde k zapříčinění nějakého nebezpečí v silničním provozu nebo poškodit životního prostředí? Dojde k velkým finančním ztrátám?

Krok č. 9 :

Jedná se o poruchu po prohlídce? Jsme schopni při kontrolní prohlídce určit stupeň opotřebení ?

Krok č. 10 :

Volba strategie



Obr. 7: rozhodovací diagram volby zásobovací strategie [3]

Volba zásobovací strategie pro jednotlivé položky skupiny A z ABC analýzy:

Pro položky **A1, A3, A4, A5** jsem odpověděl shodně a dle diagramu jsem zvolil vhodnou strategii.

- | | |
|---|-----|
| 1. Budeme zpracovávat novou zásobovací strategii? | ANO |
| 2. Známe dodací čas dodavatele? | ANO |
| 3. Odpovídá dodací čas potřebě údržby? | ANO |
| 5. Navrhujeme zásobování dle potřeby. | ANO |
| 6. Odpovídá cena dílu? | NE |
| 7. Můžeme zajistit nějakým způsobem snížení ceny? | NE |
| 8. Jedná o údržbu se zaručenou bezporuchovostí? | ANO |

Z rozhodovacího diagramu volby zásobovací strategie vyplívá **strategie „t, S“**.

Pro položky **A2, A6, A7, A8** jsem odpověděl shodně a dle diagramu jsem zvolil vhodnou strategii.

- | | |
|---|-----|
| 1. Budeme zpracovávat novou zásobovací strategii? | ANO |
| 2. Známe dodací čas dodavatele? | ANO |
| 3. Odpovídá dodací čas potřebě údržby? | ANO |
| 5. Navrhujeme zásobování dle potřeby. | ANO |
| 6. Odpovídá cena dílu? | NE |
| 7. Můžeme zajistit nějakým způsobem snížení ceny? | NE |
| 8. Jedná o údržbu se zaručenou bezporuchovostí? | NE |
| 9. Jedná se o poruchu po prohlídce? | NE |

Z rozhodovacího diagramu volby zásobovací strategie vyplívá **strategie „s, g“**.

5.3 Návrh systému logistického zajištění údržby dopravních prostředků s využitím deterministických metod

Logistické zajištění údržby s využitím deterministických metod využívá zásobovací strategie „t, S“. Z rozhodovacího diagramu jsem určil pro tuto zásobovací strategii položky motorových olejů, kapalin do ostřikovačů, filtrů a žhavicích svíček. Pro výpočet optimální velikosti objednávek jsem zvolil postup, který jsem popsal v kapitole 2.3.

Příklad výpočtu položky olejový filtr:

Výchozí hodnoty nutné k výpočtu jsem zaznamenal do tabulky (tab. 15).

Tab. 15: výchozí hodnoty položky olejový filtr

Optimální velikost objednávky	Olejový filtr	
Vstupní data		
Objednací náklady	100	Kč/objednávku
Náklady na udržování zásob	0,15	%/100 za sledované období T=1
Cena položky	739,7	Kč/ks
Termín vyřízení objednávky	3	dny
Délka období ve dnech	365	dní
Očekávaná spotřeba	98	ks

Optimální velikost objednávky

- objednáací náklady činí 100 Kč na 1 objednávku [8]
- náklady na udržování zásob činí 15% průměrné hodnoty zásob za rok [8]
- sledované období je 1 [7]

$$Q^{opt} = \sqrt{\frac{2 \cdot S \cdot n_J}{T \cdot c \cdot n_S}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 98 \cdot 100}{1 \cdot 739,7 \cdot 0,15}} = 13 \text{ ks} \quad (3)$$

Počet dodávek za sledované období

$$o = \frac{S}{Q^{opt}} = \frac{98}{13} = 7,538 \cong 8 \quad (14)$$

Při uzavírání smlouvy s dodavatelem je také třeba určit dodací cykly, termíny mezi po sobě jdoucími dodávkami t_c . Dodací cykly budou dodrženy, pakliže neklesne počet zásob pod signální hladinu. V opačném případě dojde k objednávce ihned.

Dodací cyklus

$$t_c = \frac{T}{o} = \frac{365}{7,538} = 48,42 \cong 48 \text{ dní} \quad (15)$$

Denní spotřeba

$$d = \frac{S}{T} = \frac{98}{365} = 0,27 \text{ ks/den} \quad (16)$$

Celkové náklady na pořízení a uskladnění zásob při objednávkách o vypočtené optimální velikosti a očekávané spotřebě. V těchto nákladech není zahrnuta cena položky

- sledované období je 1 [7]

$$N = \sqrt{2 \cdot S \cdot T \cdot c \cdot n_s \cdot n_j} = \sqrt{2 \cdot 98 \cdot 1 \cdot 739,7 \cdot 0,15 \cdot 100} = 1475 \text{ Kč} \quad (8)$$

Stanovení velikosti objednávky pro zásobovací strategii „t, S“ jsem provedl v prostředí Microsoft Excel a pro větší přehlednost zpracoval příklad výpočtu pro olejový filtr do tabulky (tab. 16). Ostatní výpočty logistického zajištění zásob pomocí deterministického modelu jsem uvedl pro jejich obsáhlost do přílohy 3.

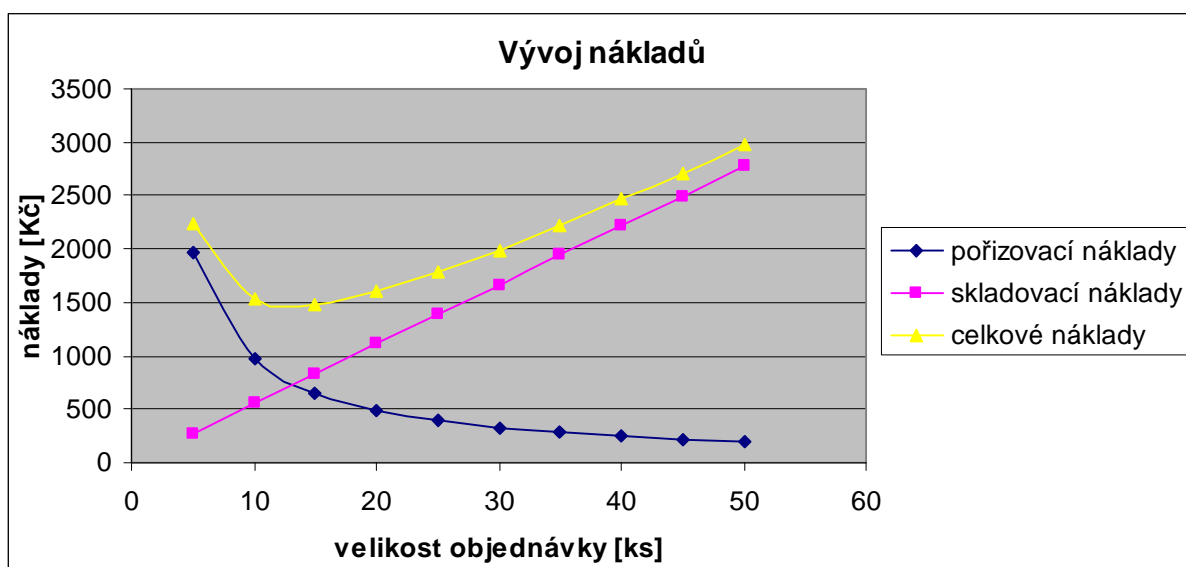
Tab. 16: Požadovaný výpočet položky olejový filtr

Optimální velikost objednávky Q	13	kusů
Počet dodávek o	7,538	
Dodací cyklus tc	48,42	dní
Denní spotřeba	0,27	
Celkové náklady	1474,69	Kč

Provedl jsem také vývoj nákladů při změnách velikosti objednávky (tab. 17, graf 10).

Tab. 17: Vývoj nákladů při změně objednávky

Vývoj nákladů při změnách velikosti objednávky			
Objednávka Q [ks]	pořizovací náklady [Kč]	skladovací náklady [Kč]	celkové náklady [Kč]
5	1960	277	2237
10	980	555	1535
15	653	832	1485
20	490	1110	1600
25	392	1387	1779
30	327	1664	1991
35	280	1942	2222
40	245	2219	2464
45	218	2496	2714
50	196	2774	2970



Graf 10: Vývoj nákladů při změně objednávky

Položka olejový filtr bude objednávána po 13-ti kusech, dodací cyklus bude cca 48 dní a náklady na objednávku a uskladnění budou 1 475 Kč. K těmto nákladům je zapotřebí ještě přičíst pořizovací cenu. Náklady včetně pořizovací ceny činí **73 965 Kč** při spotřebě 98 kusů za rok s využitím nového zásobovacího systému.

Ve stávajícím systému je tato položka objednávána po 10-ti kusech, při poklesu zásob na úroveň signální hladiny, která byla stanovena na 2 kusy.

Pro nový systém je rovněž vhodné provést výpočet signální hladiny zásob. V případě, že by se zvýšil počet výdejů jednotlivých položek ze skladu mohlo by dojít k případnému nedostatku zásob vlivem objednávek v pravidelných intervalech. Je zapotřebí sledovat signální hladinu zásob, a pokud by došlo k poklesu zásob na úroveň signální hladiny, je nutné provést novou objednávku.

Signální hladina

- pojistný činitel = 1,65 [3]

$$Z_o = (1 + R) \cdot t_o \cdot m_i = (1 + 1,65) \cdot 3 \cdot 0,27 = 2,14 \approx 3 \text{ ks} \quad (17)$$

Signální hladinu pro položku olejový filtr jsem stanovil na 3 kusy.

5.3.1 Model pro nespojitou poptávku [7]

Dodávka některých položek mezi partnery v zásobovacích řetězcích je limitována na násobky minimálního množství q . Odběratel musí upravit optimální velikost objednávky v závislosti na této podmínce. Touto podmínkou se řídí objednávání motorových olejů. Ekonomicky mnohem výhodnější pro odběratele je objednávka motorového oleje v sudech o objemu 209 litrů.

Příklad výpočtu motorový olej SAE 10W40:

Výchozí hodnoty nutné k výpočtu jsem zaznamenal do tabulky (tab. 18).

Tab. 18: výchozí hodnoty položky motorový olej SAE 10W40

Optimální velikost objednávky SAE 10W40		
Vstupní data		
Velikost balení	209	l/sud
Objednací náklady	150	Kč/objednávka
Náklady na udržování zásob	0,15	% za sledované období $T=1$
Cena položky	112	Kč/l
Termín vyřízení objednávky	3	dny
Délka období ve dnech	365	dni
Očekávaná spotřeba	1500	l

Optimální velikost objednávky

- objednáací náklady činí 150 Kč na 1 objednávku [8]
- náklady na udržování zásob činí 15% průměrné hodnoty zásob za rok [8]
- sledované období je 1 [7]

Nalezení optimální velikosti objednávky:

- výpočet podílu ve střední části nerovnosti, což bude kritérium
- sestavení tabulky, v níž postupně vypočítám levé a pravé členy nerovnosti tak dlouho, až bude pro příslušné Q splněná nerovnost.

$$Q = q, 2q, 3q, \dots$$

$q = 209$ (1 sud o objemu 209 litrů)

$$Q = q$$

$$Q(Q + q) \geq \frac{2 \cdot S \cdot n_f}{T \cdot c \cdot n_s} \geq Q(Q - q) \quad (18)$$

$$209(209 + 209) \geq \frac{2 \cdot 1500 \cdot 150}{1 \cdot 112 \cdot 0,15} \geq 209(209 - 209)$$

$$87362 \geq 26786 \geq 0 \quad \text{splněna nerovnost}$$

$$Q = 2q$$

$$Q(Q + q) \geq \frac{2 \cdot S \cdot n_J}{T \cdot c \cdot n_S} \geq Q(Q - q) \quad (18)$$

$$418(418 + 209) \geq \frac{2 \cdot 1500 \cdot 150}{1 \cdot 112 \cdot 0,15} \geq 418(418 - 209)$$

$$262086 \geq 26786 \geq 87362 \quad \textbf{nesplněna nerovnost}$$

Další násobky q jsem provedl v prostředí Microsoft Excel a zaznamenal do tabulky (tab. 19). Z vypočtených dat podmínku nerovnosti splnila pouze objednávka o velikosti 209 litrů, tedy jednoho sudu.

Tab. 19: Výpočet optimální velikosti objednávky

kriterium	26786		
Q [l]	Q(Q-q) [l]	Q(Q+q) [l]	Velikost obj. [l]
0	0	0	0
209	0	87362	209
418	87362	262086	0
627	262086	524172	0
836	524172	873620	0
1045	873620	1310430	0
1254	1310430	1834602	0
1463	1834602	2446136	0

Postup zjištění dalších výsledků, jako je počet dodávek a dodací cyklus, signální hladina a celkové náklady se již shodují s klasickým deterministickým modelem pro výpočet optimální velikosti objednávky. Výpočet jsem provedl v prostředí Microsoft Excel a zaznamenal do tabulky (tab. 20).

Tab. 20: Vypočtené hodnoty položky motorové oleje SAE 10W40

Velikost objednávky	209	l
Počet dodávek	7,177	
Dodací cyklus	50,86	dní
Denní spotřeba	4,11	
Signální hladina	32,67	l
Celkové náklady	2749,55	Kč

Položka motorový olej SAE 10W40 bude objednávana po jednom sudu o objemu 209 litrů, dodací cyklus bude co 50 dní a náklady na objednávku a uskladnění budou 2 750 Kč. K těmto nákladům je zapotřebí ještě přičíst pořizovací cenu. Náklady včetně pořizovací ceny činí **170 750 Kč** při spotřebě 1500 litrů za rok, signální hladinu jsem stanovil na 33 litrů.

Ve stávajícím systému je tato položka objednávána po jednom sudu o objemu 209 litrů, při poklesu zásob na úroveň signální hladiny, která byla stanovena na 30 litrů.

Ostatní výpočty logistického zajištění zásob pomocí deterministického modelu pro nespojitou poptávku jsem uvedl do přílohy 3.

5.4 Návrh systému logistického zajištění údržby dopravních prostředků s využitím stochastických metod

Logistické zajištění údržby s využitím stochastických metod využívá zásobovací strategie „s, q“. Z rozhodovacího diagramu jsem určil pro tuto zásobovací strategii položky žárovky, stírací gumy, lambda sonda a doiser modul. Pro stochastický model optimální velikosti objednávek jsem zvolil postup, který jsem popsal v kapitole 2.2.

Příklad výpočtu položky stírací gumy:

Výchozí hodnoty nutné k výpočtu jsem zaznamenal do tabulky (tab. 21).

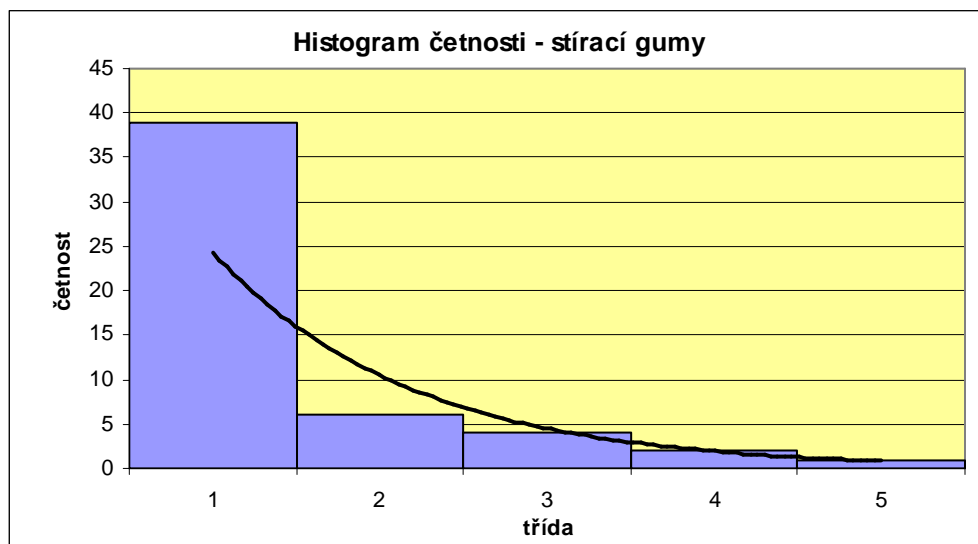
Obvyklým zdrojem informací jsou údaje o průběhu poptávky za dostatečně dlouhé uplynulé období. Výhodné je roztřídění dat například o týdenní poptávce do tabulky (tab. 22) rozdělení četností. Z tabulky lze odhadnout pomocí histogramu četnosti (graf 11) druh rozdělení.

Tab. 21: Výchozí hodnoty položky stírací gumy

Objednací náklady	75	Kč/objednávka
Náklady na udržování zásob	0,1	% za sledované období
Cena položky	44,92	Kč/ks
Délka období ve dnech	365	dní
Očekávaná spotřeba	78	ks

Tab. 22: Rozdělení četnosti v týdenních intervalech

třída	výdej položek	absolutní četnost
1	0-1	39
2	2-3	6
3	4-5	4
4	6-7	2
5	8-9	1
Celkem		52



Graf 11: Histogram četnosti v týdenních intervalech

Jedná se o klesající exponenciálu, je možné odhadnout, že **exponenciální rozdělení** bude dobře reprezentovat empiricky zjištěná data.

Výpočet intenzity výdejů položky za jeden den:

$$\lambda = \frac{S}{T} = \frac{78}{365} = 0,214 \text{ ks/den} \quad (9)$$

Výpočet střední doby mezi výdeji

$$T_s = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{0,214} = 4,68 \text{ dní} \quad (10)$$

Výpočet pravděpodobnost vzniku událostí

$$P(k) = \frac{(\lambda \cdot t)^k}{k!} \cdot e^{(-\lambda \cdot t)} = P(0) = \frac{(0,214 \cdot 3)^0}{0!} \cdot e^{(-0,214 \cdot 3)} = 0,527 \quad (11)$$

$$P(1) = \frac{(0,214 \cdot 3)^1}{1!} \cdot e^{(-0,214 \cdot 3)} = 0,337$$

$$P(2) = \frac{(0,214 \cdot 3)^2}{2!} \cdot e^{(-0,214 \cdot 3)} = 0,107$$

Požadavek na nový systém zásobování je, aby byla pravděpodobnost pokrytí výdejů minimálně 0,95. Proto je nutné sčítat pravděpodobnosti jednotlivých událostí, dokud nevyjde minimálně požadovaná pravděpodobnost.

Výpočet distribuční funkce $Po(\lambda)$

$$P(k) = \sum_{k=0}^n P(k) = 0,527 + 0,337 + 0,107 = 0,973 \quad (12)$$

Na skladě je nutné mít minimálně 2 kusy stíracích gum (signální hladina).

Celkové náklady na pořízení a uskladnění zásob při očekávané spotřebě. V těchto nákladech není zahrnuta cena položky

$$N = \sqrt{2 \cdot S \cdot c_1 \cdot c_2} + (c_2 \cdot s) = \sqrt{2 \cdot 78 \cdot 75 \cdot 4,492} + (4,492 \cdot 2) = 236,88 \text{ Kč} \quad (13)$$

Velikost objednávky je vázána minimálním podmíněným odběrem, který při nabídnuté ceně 44,92 Kč/ks je 15 kusů.

Stanovení velikosti signální hladiny a nákladů pro zásobovací strategii „s, q“ jsem provedl v prostředí Microsoft Excel a pro větší přehlednost zpracoval příklad výpočtu pro stírací gumy do tabulky (tab. 23). Ostatní výpočty logistického zajištění zásob pomocí stochastického modelu jsem uvedl pro jejich obsáhlost do přílohy 4.

Tab. 23: Vypočtené hodnoty položky stírací gumy

p-st pokrytí výdejmů $Po(\lambda)$	0,973	
signální stav zásob s	2	ks
celkové náklady N	236,88	Kč

Položka stírací gumy bude objednávana po 15-ti kusech při poklesu zásob na 2 kusy, náklady na objednávku a uskladnění budou 237 Kč. K těmto nákladům je zapotřebí ještě přičíst pořizovací cenu. Náklady včetně pořizovací ceny činí **3 733 Kč** při spotřebě 78 kusů za rok.

Ve stávajícím systému je tato položka objednávana po 10-ti kusech, při poklesu zásob na úroveň signální hladiny, která byla stanovena na 2 kusy.

6 Ekonomické zhodnocení

V předposlední kapitole provedu ekonomické zhodnocení mého návrhu nového systému zásobování v podmínkách opravárenské firmy. Porovnáním celkových nákladů, včetně pořizovací ceny všech položek skupiny A z ABC analýzy, zjistím případnou úsporu při využití nového systému oproti tomu stávajícímu.

Největší úsporu nákladů jsem zajistil v položce motorového oleje SAE 10W40, kdy celková úspora při spotřebě 1 500 litrů za rok činí **19 655 Kč**. Takto razantní úspory jsem dosáhl kombinací vyhledáním cenově výhodnějšího dodavatele a optimální velikosti objednávek a signální hladiny zásob. V případě některých jiných položek se mi nepodařilo nalézt výhodnějšího dodavatele, přesto také u těchto položek došlo k úspoře vynaložených nákladů. Pomocí vhodných matematických modelů jsem optimalizoval velikosti objednávek, nebo signální hladinu zásob. Například u položky Lambda sonda došlo tímto opatřením k úspoře **4 925 Kč**.

Celková úspora při využití mnou navrženého systému zásobování činí **31 869 Kč**, oproti systému stávajícímu. Jedná se o úsporu, ke které by došlo vlivem použití mého systému v roce 2009. Porovnání nákladů stávajícího a navrženého systému zásobování jsem uspořádal do tabulky (tab. 24).

Tab. 24: Porovnání nákladů při změně systému zásobování

Porovnání nákladů aktuálního a navrženého systému zásobování									
Položka	pořizovací cena [Kč]		náklady na pořízení a skladové náklady [Kč]		spotřeba jednotek [ks(l)]	cena celkem [Kč]		rozdl [Kč]	
	původní systém	nový systém	původní systém	nový systém		původní systém	nový systém		
Olej SAE 10W40	125,00	112,00	2 904,74	2 749,55	1 500	190 404,74	170 749,55	-19 655,19	
Žárovka 24V 3W W2, 1X9,5D H	8,41	8,41	571,03	221,80	550	5 196,53	4 847,30	-349,23	
Olej SAE 15W40	82,00	78,10	1 298,83	1 298,83	480	40 658,83	38 786,83	-1 872,00	
Žárovka 24V 5W BA15S H	8,54	8,54	405,35	186,21	384	3 684,71	3 465,57	-219,14	
Žárovka 24V 1,2W W2x4,6d H	3,24	3,24	392,10	113,49	384	1 636,26	1 357,65	-278,61	
GLACIDET	33,14	30,55	535,28	433,98	274	9 615,64	8 804,68	-810,95	
Svíčky	66,84	66,50	794,06	567,97	154	11 087,42	10 808,97	-278,45	
Olejový filtr	739,70	739,70	1 534,78	1 474,69	98	74 025,38	73 965,29	-60,08	
Palivový filtr	123,86	123,86	1 062,90	600,36	97	13 077,32	12 614,78	-462,53	
Vzduchový filtr	970,02	970,02	1 637,52	1 627,32	91	89 909,34	89 899,14	-10,20	
Žárovka 24V H4 75/70W H	82,74	82,74	491,37	289,10	90	7 937,97	7 735,70	-202,27	
Stírací guma	44,92	44,92	607,46	236,88	78	4 111,22	3 740,64	-370,58	
Lambda sonda	1 109,80	1 109,80	6 483,24	1 558,41	40	50 875,24	45 950,41	-4 924,82	
Doiser modul	6 355,72	6 355,72	6 396,68	4 021,34	37	241 558,32	239 182,98	-2 375,34	
Žárovka 24V H1 70W H	68,40	68,40	537,10	120,84	28	2 452,30	2 036,04	-422,43	
Celkem	9 753,93	9 734,10	25 115,31	15 379,94	4 257	743 778,89	711 909,50	-31 869,39	

7 Závěr

V diplomové práci jsem se zabýval analýzou současného stavu zásobování v podmínkách opravárenské firmy a návrhem systému nového. Analýzu a návrh systému jsem prováděl v podmínkách opravárenské firmy ČSAD Havířov a.s. Cílem práce bylo navrhnout nový zásobovací systém v opravárenské firmě v návaznosti na údržbové systémy s využitím vhodných matematických metod, který by vykazoval nižší náklady na pořízení a uskladnění zásob tak, aby byl zachován stabilní chod opravárenské firmy. V ekonomickém zhodnocení práce jsem pak měl porovnat oba systémy a vyhodnotit případnou úsporu nákladů nového systému oproti tomu současnému.

Na základě podkladů a informací, které mi poskytli techničtí pracovníci opravárenské firmy jsem vypracoval analýzu současného stavu. Tuto analýzu jsem pak zpracoval ve čtvrté kapitole této práce. Analýza spočívala v popisu firmy, prováděných servisních úkonech, současném stavu logistického zabezpečení údržby silničních vozidel a skladování a řízení zásob. Pomocí ABC analýzy jsem rozdělil uskladněné položky do skupin A, B a C, podle toho jak se tyto položky podílely na celkové spotřebě jednotek. Pro další postup jsem pracoval pouze s položkami ze skupiny A, které se podílely z více než 80% na celkové spotřebě. Skupinu A jsem si výhodně rozdělil na 8 podskupin, tak abych mohl pro společné položky každé podskupiny nalézt výhodného dodavatele a pomocí matematického modelu vypočíst optimální velikost a signální hladinu zásob.

V páté kapitole jsem provedl návrh systému logistického zajištění údržby dopravních prostředků s využitím stochastických a deterministických metod. Nejprve jsem vyhledal pro jednotlivé podskupiny vhodné dodavatele a zároveň jsem pomocí rozhodovacího diagramu určil jejich zásobovací strategie. Dále jsem navrhl systém zásobování s využitím deterministických a stochastických metod. Návrh spočíval ve vytvoření matematického modelu pro obě metody, tak aby náklady spojené s objednáním a údržbou zásob byly minimální. Pomocí těchto modelů jsem určil optimální velikosti objednávek jednotlivých položek u deterministických metod zásobování a u stochastických metod zásobování jsem určil velikost signální hladiny, tak aby byla zachována požadovaná pravděpodobnost pokrytí výdejmů. Na závěr své práce jsem provedl ekonomické zhodnocení, které spočívalo v porovnání součtu všech nákladů spojených s pořízením a skladováním mezi současným a nově navrženým systémem zásobování v podmínkách opravárenské firmy. Z porovnání je patrné, že při využití nového systému by zmíněné náklady za rok 2009 klesly téměř o 32 tisíc Kč.

Seznam použité literatury:

- [1] DANĚK, A., ŠIROKÝ, J. Teorie obnovy dopravních prostředků. Ostrava VŠB – TU Ostrava 1999, ISBN 80-7078-568-3
- [2] DANĚK, J. Logistika. Ostrava VŠB – TU Ostrava 2004, ISBN 80-248-0705-X
- [3] FAMFULÍK, J., MÍKOVÁ, J., KRZYŽANEK, R. Teorie údržby [online]. Ostrava VŠB – TU Ostrava 2007, ISBN 978-80-248-1509-1
- [4] KISS, I. Logistika zasobovanie a distribúcia. Informatech Košice 1999, ISBN 80-88041-01-6
- [5] PERNICA, P. Logistický management. RADIX Praha 1998, ISBN 80-86031-13-6
- [6] SCHULTE, CH. Logistika. Victoria Publishing Praha 1994, ISBN 80-85605-87-2
- [7] GROSS, I. Kvantitativní metody v manažerském rozhodování. Grada Publishing, Praha 2003, ISBN 80-247-0421-8
- [8] Interní materiály společnosti ČSAD Havířov a.s.
- [9] SKALSKÁ, H. Stochastické modelování. Učební text pro studenty FŘIT VŠP, Gaudeamus, Hradec Králové, 1998

Seznam příloh:

Příloha 1 ... Roční spotřeba skladovaného materiálu

Příloha 2 ... Grafické porovnání výdejů ze skladu jednotlivých položek

Příloha 3 ... Výpočet návrhu systému logistického zajištění údržby dopravních prostředků s využitím deterministických metod

Příloha 4 ... Výpočet návrhu systému logistického zajištění údržby dopravních prostředků s využitím stochastických metod

Příloha 1

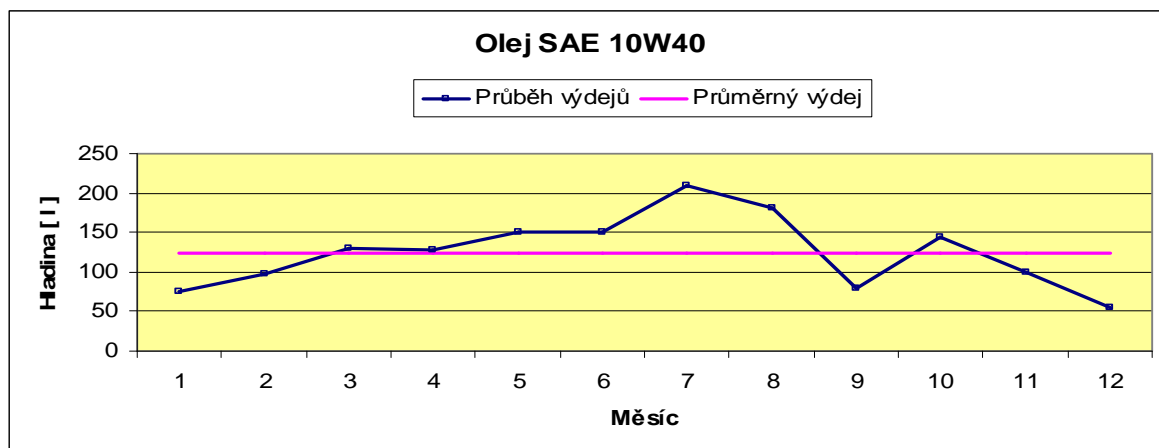
Tab. 25: Roční spotřeba skladovaného materiálu

Číslo položky	Položka	Spotřeba jednotek [ks(l)]	Jednotková cena [Kč/ks(l)]	Podíl na celkové spotřebě [%]	Pořizovací cena [Kč]
1.	Olej SAE 10W40	1 500	125,00	30,62	187 500,00
2.	Žárovka 24V 3W W2,1X9,5D H	550	8,41	11,23	4 625,50
3.	Olej SAE 15W40	480	82,00	9,80	39 360,00
4.	Žárovka 24V 5W BA15S HELLA	384	8,54	7,84	3 279,36
5.	Žárovka 24V 1,2W W2x4,6d H	384	3,24	7,84	1 244,16
6.	GLACIDET	274	33,14	5,59	9 080,36
7.	Svíčky	154	66,84	3,14	10 293,36
8.	Olejový filtr	98	739,70	2,00	72 490,60
9.	Palivový filtr	97	123,86	1,98	12 014,42
10.	Vzduchový filtr	91	970,02	1,86	88 271,82
11.	Žárovka 24V H4 75/70W HELLA	90	82,74	1,84	7 446,60
12.	Stírací guma	78	44,92	1,59	3 503,76
13.	Lambda sonda	40	1 109,80	0,82	44 392,00
14.	Doiser modul	37	6 355,72	0,76	235 161,64
15.	Těsnění motoru	28	328,34	0,57	9 193,52
16.	Silentblok výfuku	27	40,86	0,55	1 103,22
17.	Klínový řemen 12,5x1025 10	27	40,49	0,55	1 093,23
18.	autolékárnička- BUS-TYP3	26	687,77	0,53	17 882,02
19.	Sací ventil	26	326,51	0,53	8 489,26
20.	Výfukový ventil	24	341,38	0,49	8 193,12
21.	AUTOBATERIE 180 Ah	24	3 197,84	0,49	76 748,16
22.	TLUMIC ZADNI PT/50x225	24	1 256,74	0,49	30 161,76
23.	NAPINAK REMENE	22	1 411,72	0,45	31 057,84
24.	silentblok motoru KAROSA	22	52,74	0,45	1 160,28
25.	termostat 83řC	22	131,87	0,45	2 901,14
26.	TESNICI KROUZEK	22	92,00	0,45	2 024,00
27.	Axiální ložisko	20	1 485,42	0,41	29 708,40
28.	SNIMAC TLAKU S KONEKT,	19	402,54	0,39	7 648,26
29.	Žárovka 24V H1 70W HELLA	19	68,40	0,39	1 299,60
30.	MECHY PEROVANI	19	172,35	0,39	3 274,65
31.	Brzdová sada	19	4 325,87	0,39	82 191,53
32.	NARAZNIK	18	9 871,00	0,37	177 678,00
33.	SADA SENSORU ABS	18	1 727,81	0,37	31 100,58
34.	čep kulový řízení 8/40H	18	136,71	0,37	2 460,78
35.	KLIN,REM,SPA 12,7x1275 La	17	59,66	0,35	1 014,22
36.	autobaterie 180Ah TAB	17	3 030,16	0,35	51 512,72
37.	INDIKAT,OPTREB,FAI163/KARO	17	571,00	0,35	9 707,00
38.	SVETLO OBRYSOVE 2PF	17	126,91	0,35	2 157,47
39.	TLACITKO SPINAC ZPATECKY	17	96,81	0,35	1 645,77
40.	tlumic perovani PT 50X225	14	1 190,14	0,29	16 661,96
41.	manžeta ovladače dveří KAR	12	100,00	0,24	1 200,00
42.	SVETLO PREDNI Ř,900	12	561,44	0,24	6 737,28
43.	Filtr topení webasto	9	355,72	0,18	3 201,48
44.	KOTOUC BRZ,FCR198A-K900	8	2 222,68	0,16	17 781,44
45.	TESNENI TURBA(8053)	6	107,42	0,12	644,52
46.	BUBEN KAR,V-255-024110104	5	1 999,00	0,10	9 995,00

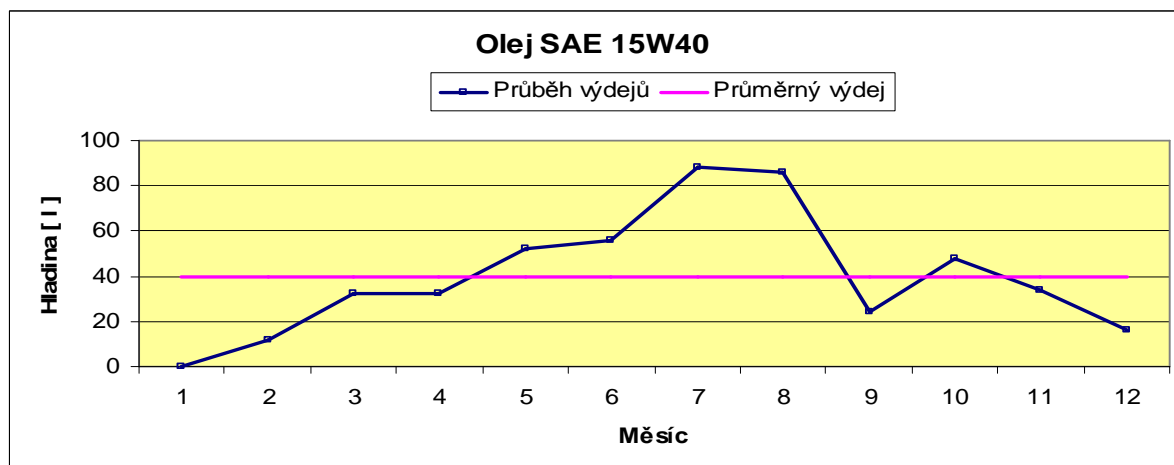
47.	SKLO PRED,OKNA CROSWAY	5	25 824,40	0,10	129 122,00
48.	SPOJLER PRAVY Ř,900	4	2 657,14	0,08	10 628,56
49.	VODNI CERPADLO	4	3 672,40	0,08	14 689,60
50.	Čerpadlo BOSH	3	63 452,01	0,06	190 356,03
51.	SPOJLER LEVÝ Ř,900	3	2 657,14	0,06	7 971,42
52.	REMEN MOTORU CURSOR	3	1 109,56	0,06	3 328,68
53.	BUBEN KAR,900 DE,011010901	3	2 350,00	0,06	7 050,00
54.	Snímač NOX	2	19 487,47	0,04	38 974,94
55.	SROUB TURBA CNG	2	45,60	0,04	91,20
56.	SETRVACNIK	2	12 000,00	0,04	24 000,00
57.	STARTER	2	9 250,00	0,04	18 500,00
58.	Elektronika topení webasto	2	13 529,41	0,04	27 058,82
59.	Brzdový pedál	2	17 371,15	0,04	34 742,30
60.	Sada kabelů retardéru	2	1 900,00	0,04	3 800,00
61.	Vstřikovač	2	38 875,78	0,04	77 751,56
62.	Elektronika motoru CNG	2	65 226,62	0,04	130 453,24
63.	5801106400 řídicí jednotka	1	8 080,42	0,02	8 080,42
64.	Klimatizační zařízení	1	9 773,08	0,02	9 773,08
65.	Kompletní motor	1	532 779,49	0,02	532 779,49
66.	Křídlo dveří	1	3 188,75	0,02	3 188,75
Celkem		4 899	879 503,65	100,00	2 638 631,88

Příloha 2

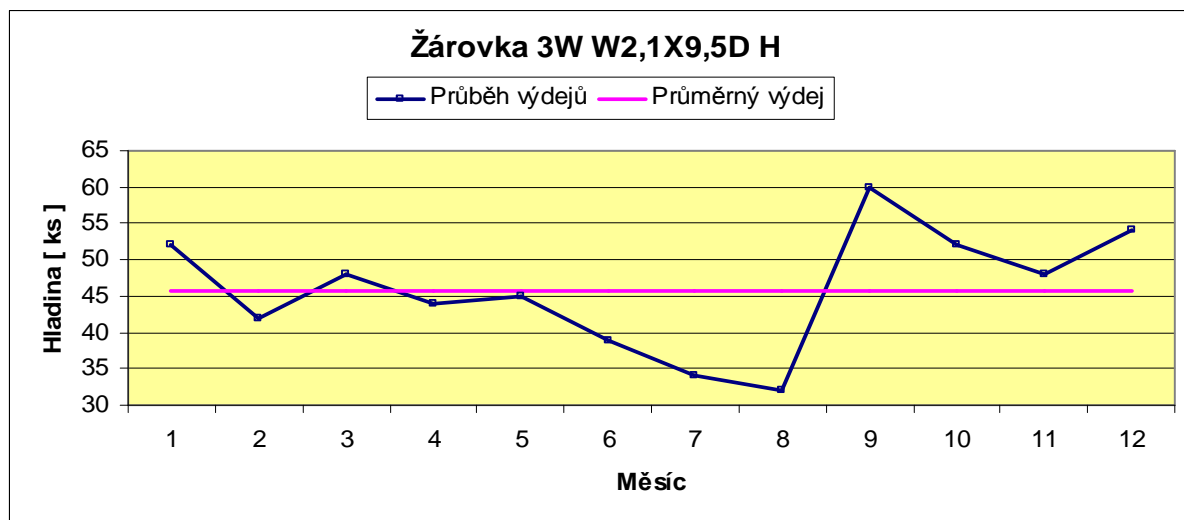
Grafické (graf 12 – 25) porovnání měsíčních výdejů položek ze skladu za rok 2009 zařazených do skupiny A v ABC analýze.



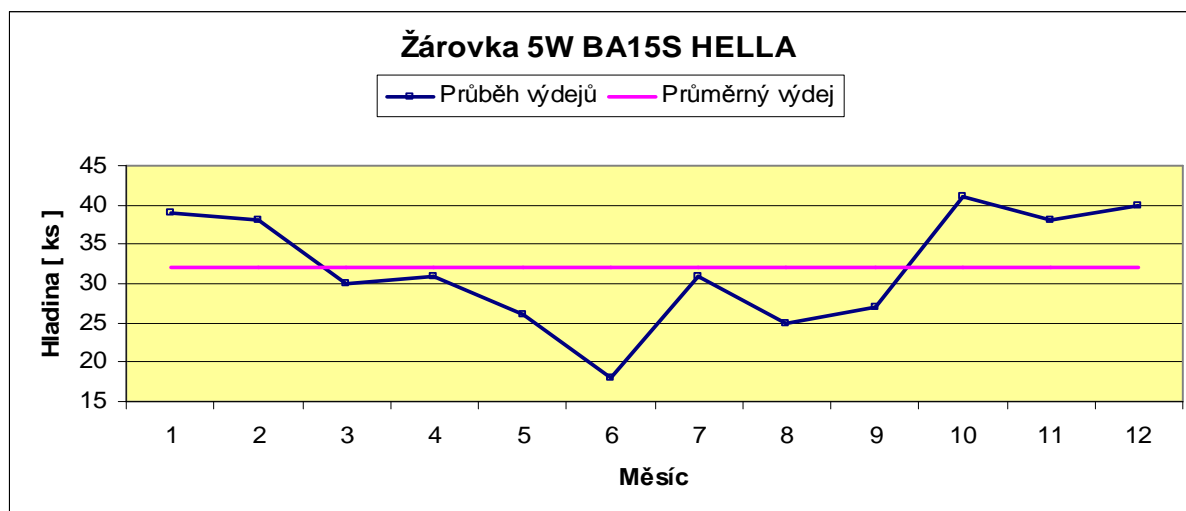
Graf 12: Měsíční průběh výdejů a průměrný výdej v roce 2009 – olej SAE 10W40



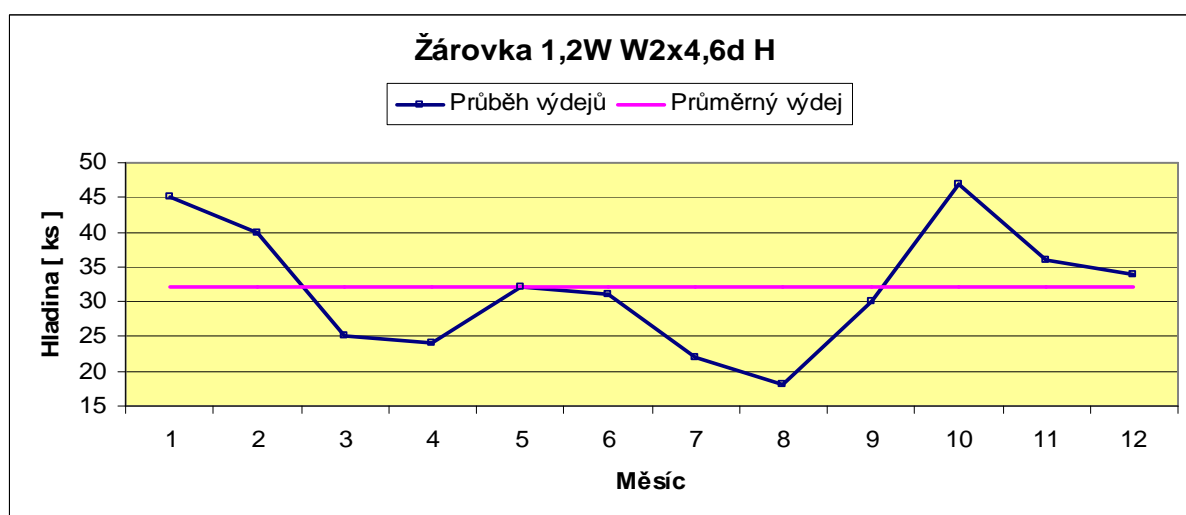
Graf 13: Měsíční průběh výdejů a průměrný výdej v roce 2009 – olej SAE 15W40



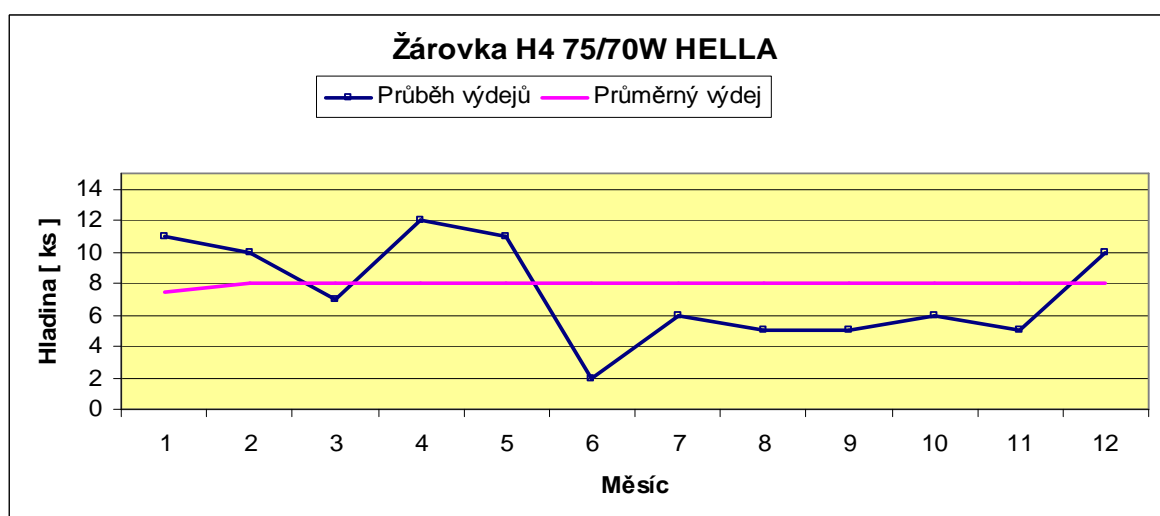
Graf 14: Měsíční průběh výdejů a průměrný výdej v roce 2009 – žárovka 3W W2,1X9,5D H



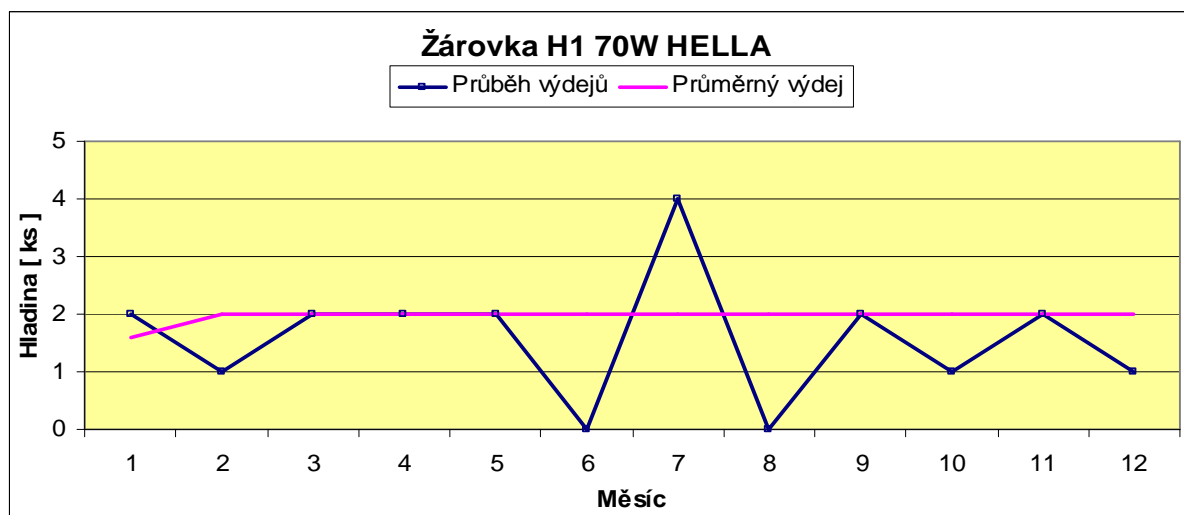
Graf 15: Měsíční průběh výdejů a průměrný výdej v roce 2009 – žárovka 5W BA 15S H



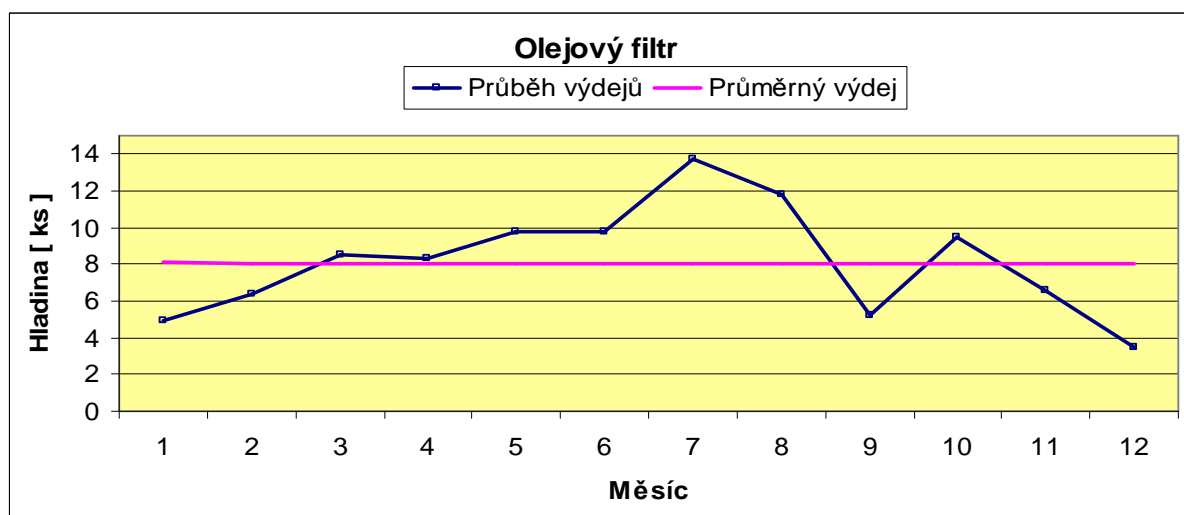
Graf 16: Měsíční průběh výdejů a průměrný výdej v roce 2009 – žárovka 1,2W W2x4,6d H



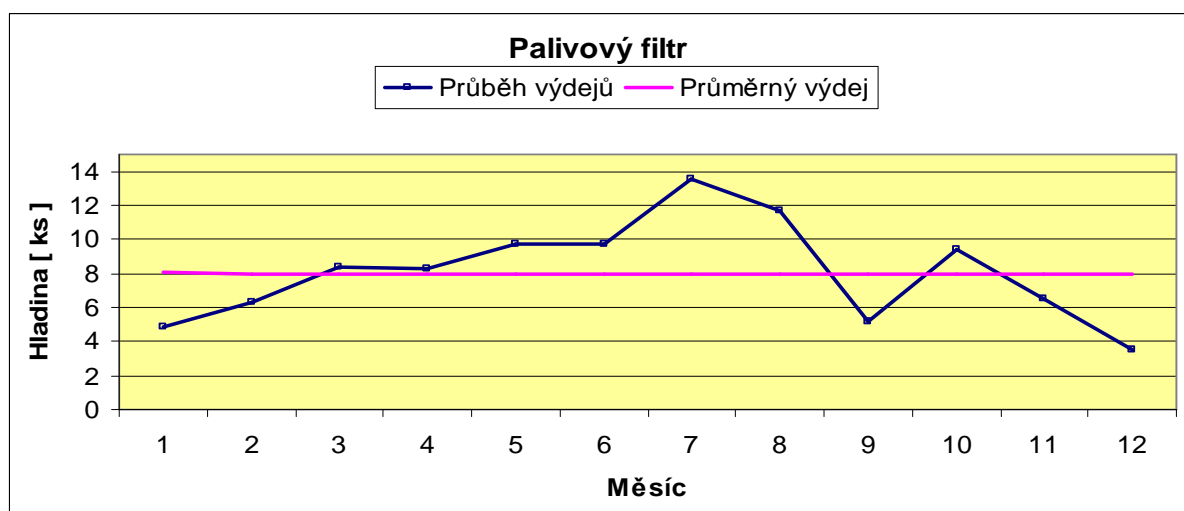
Graf 17: Měsíční průběh výdejů a průměrný výdej v roce 2009 – žárovka H4 75/70W H



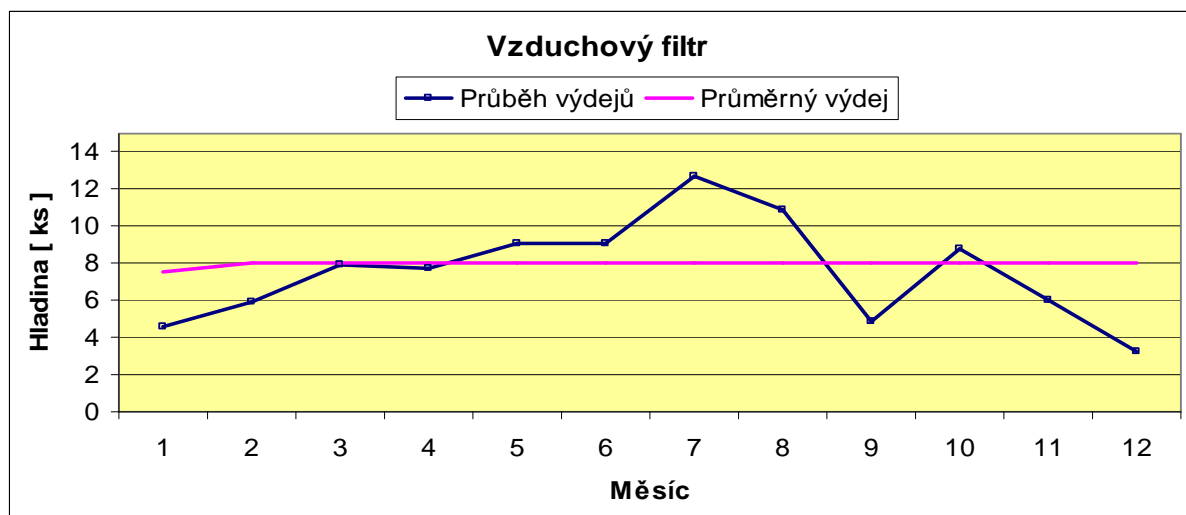
Graf 18: Měsíční průběh výdejů a průměrný výdej v roce 2009 – žárovka H1 70W H



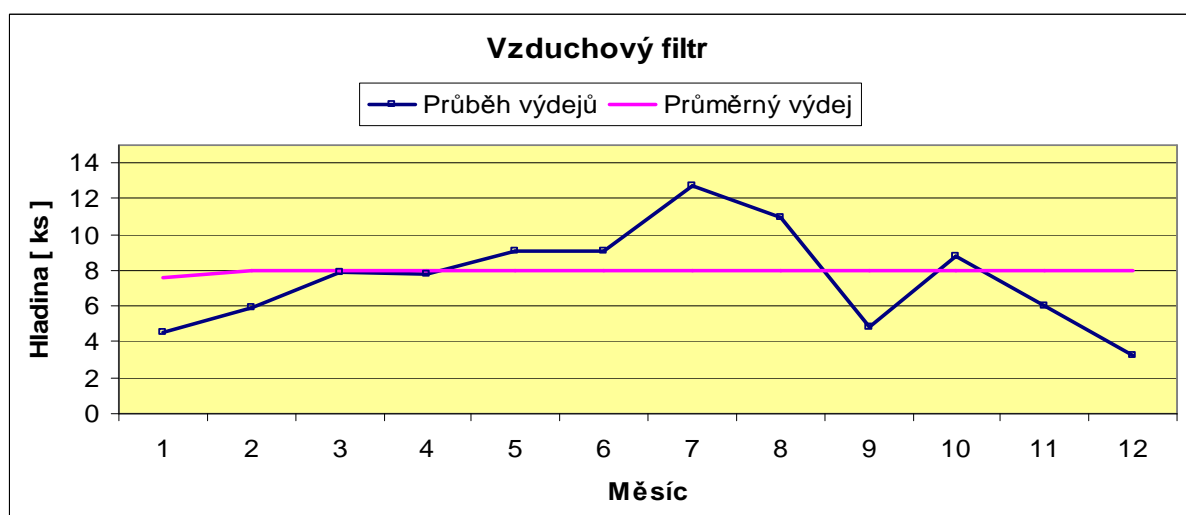
Graf 19: Měsíční průběh výdejů a průměrný výdej v roce 2009 – olejový filtr



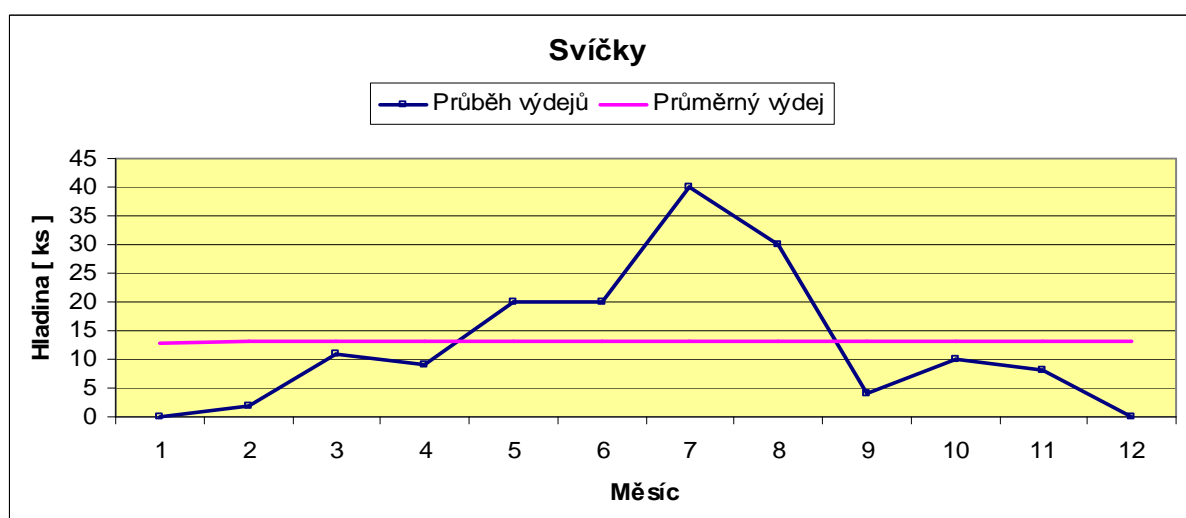
Graf 20: Měsíční průběh výdejů a průměrný výdej v roce 2009 – palivové filtry



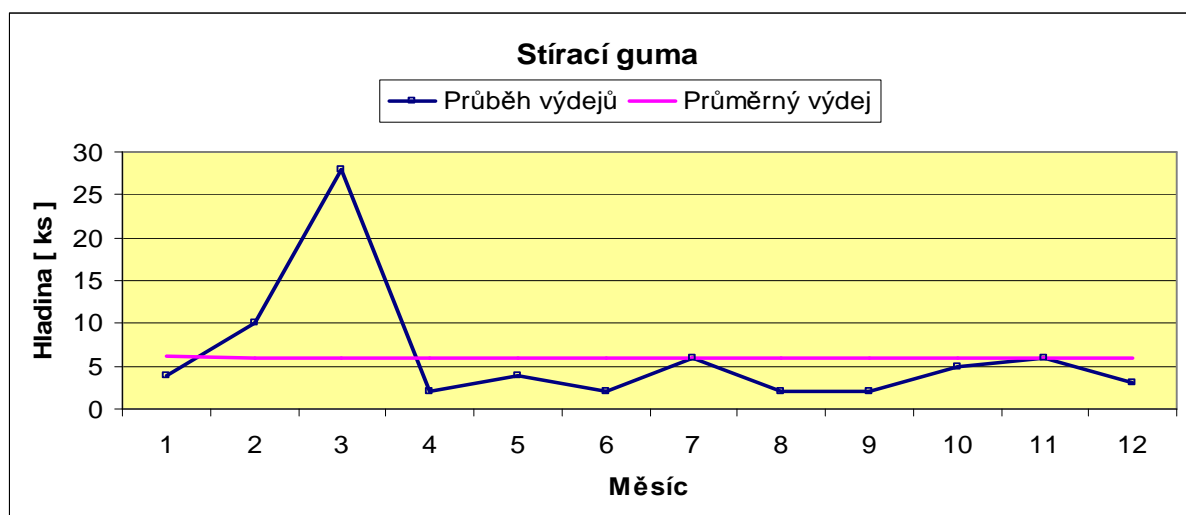
Graf 21: Průběh výdejů a dodávek v roce 2009 – Vzduchové filtry



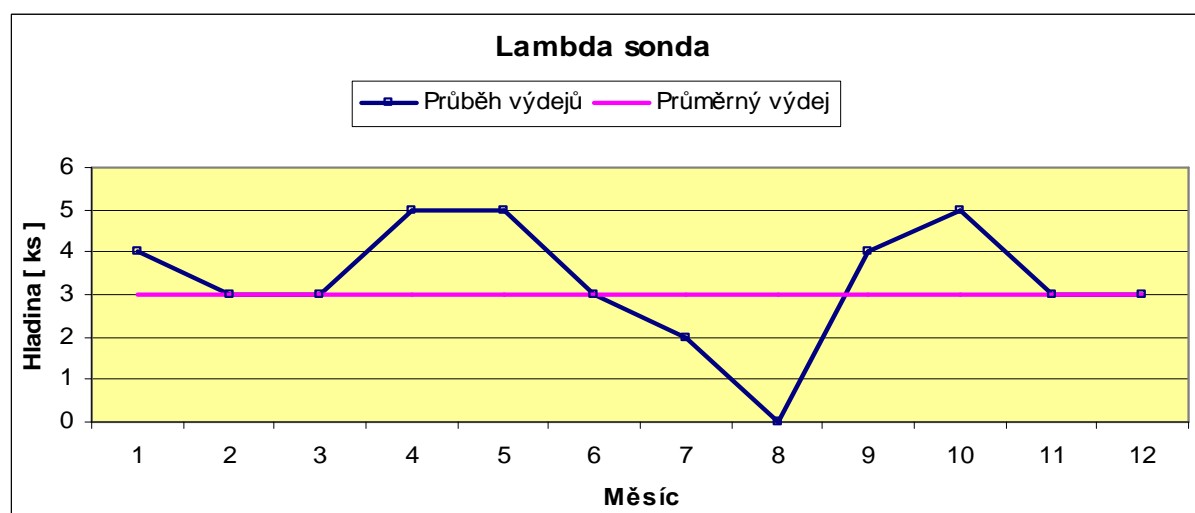
Graf 22: Měsíční průběh výdejů a průměrný výdej v roce 2009 – kapalina do ostřikovačů



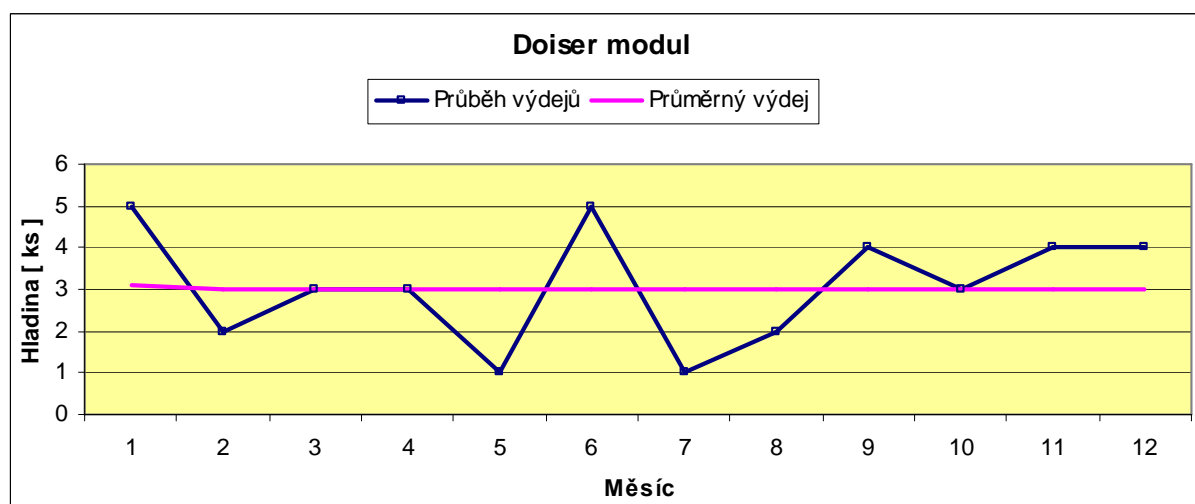
Graf 23: Měsíční průběh výdejů a průměrný výdej v roce 2009 – žhavicí svíčky



Graf 24: Měsíční průběh výdejů a průměrný výdej v roce 2009 – stírací guma



Graf 25: Měsíční průběh výdejů a průměrný výdej v roce 2009 – lambda sonda



Graf 26: Měsíční průběh výdejů a průměrný výdej v roce 2009 – doiser modul

Příloha 3

Výpočet návrhu systému logistického zajištění údržby dopravních prostředků s využitím deterministických metod

Palivový filtr

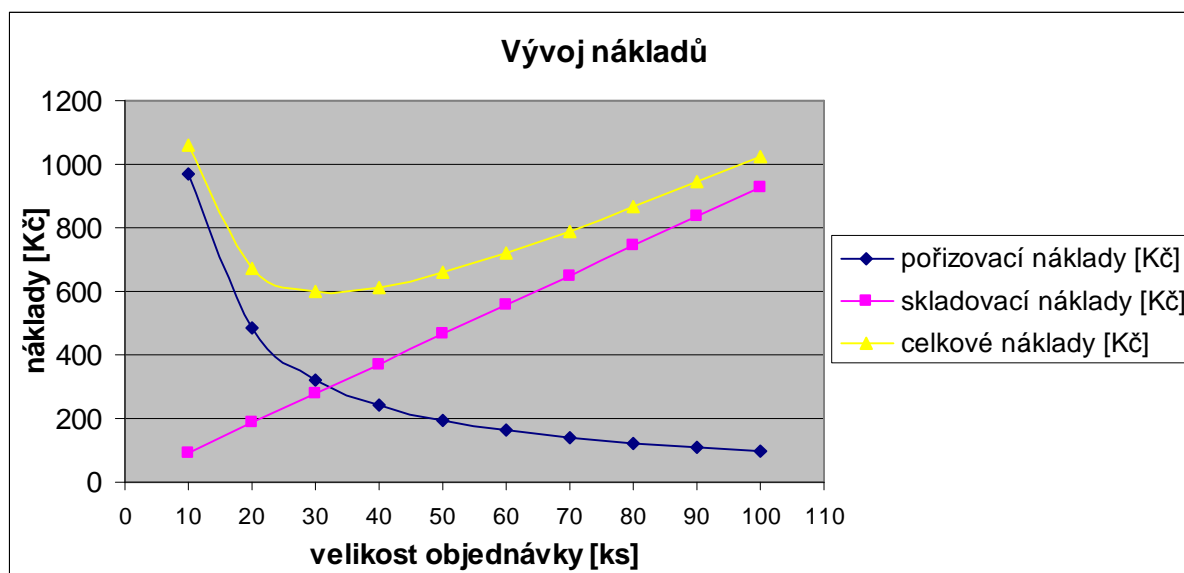
Tab. 26: Výchozí hodnoty položky palivový filtr a vypočtené hodnoty dle kap. 5.3

Palivový filtr		
Optimální velikost objednávky		
Vstupní data		
Objednací náklady	100	Kč/objednávka
Náklady na udržování zásob	0,15	% za sledované období T=1
Cena položky	123,86	Kč/ks
Termín vyřízení objednávky	3	den
Délka období ve dnech	365	dní
Očekávaná spotřeba	97	kusů
Optimální velikost objednávky Q	32	ks
Počet dodávek o	3,00	
Dodací cyklus t_c	121,59	dní
Denní spotřeba	0,27	
Signální hladina	2,11	ks
Celkové náklady	600,36	Kč

Provedl jsem také vývoj nákladů při změnách velikosti objednávky (tab. 27, graf 26)

Tab. 27: Vývoj nákladů při změně objednávky

Vývoj nákladů při změnách velikosti objednávky			
Objednávka Q [ks]	pořizovací náklady [Kč]	skladovací náklady [Kč]	celkové náklady [Kč]
10	970	93	1063
20	485	186	671
30	323	279	602
40	243	372	614
50	194	464	658
60	162	557	719
70	139	650	789
80	121	743	864
90	108	836	944
100	97	929	1026



Graf 27: Vývoj nákladů při změně objednávky

Položka palivový filtr bude objednávána po 32 kusech, dodací cyklus bude co 121 dní a náklady na objednávku a uskladnění budou 600 Kč. K těmto nákladům je zapotřebí ještě přičíst pořizovací cenu. Náklady včetně pořizovací ceny činí **12 615 Kč** při spotřebě 97 kusů za rok s využitím nového zásobovacího systému, signální hladinu jsem stanovil na 3 kusy.

Ve stávajícím systému je tato položka objednávána po 10-ti kusech, při poklesu zásob na úroveň signální hladiny, která byla stanovena na 2 kusy.

Vzduchový filtr

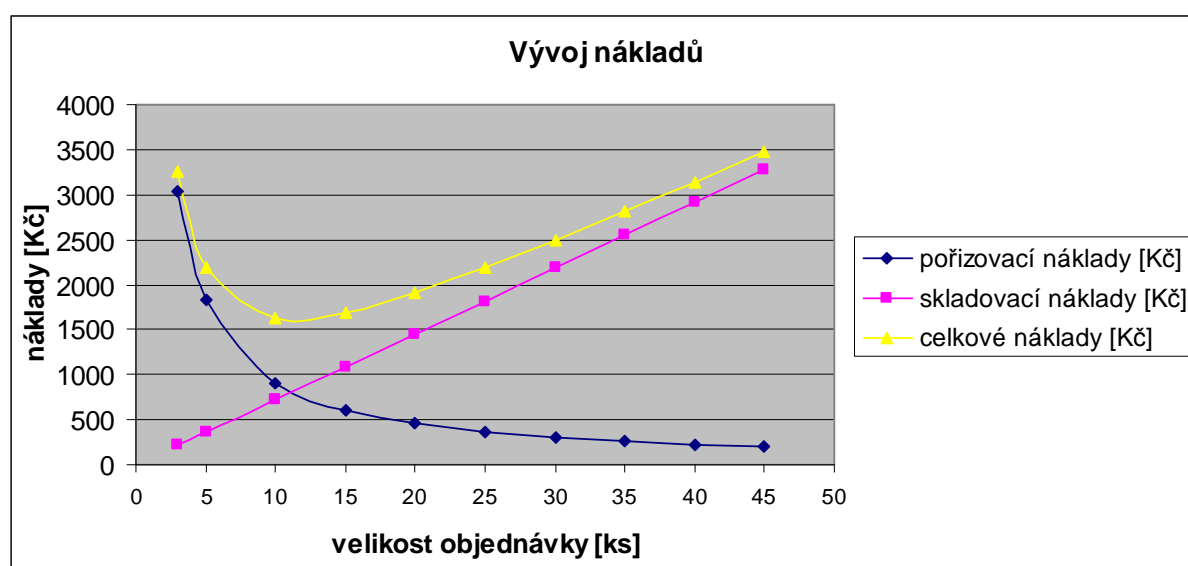
Tab. 28: Výchozí hodnoty položky vzduchový filtr a vypočtené hodnoty dle kap. 5.3

Vzduchový filtr		
Optimální velikost objednávky		
Vstupní data		
Objednací náklady	100	Kč/objednávka
Náklady na udržování zásob	0,15	% za sledované období T=1
Cena položky	970,02	Kč/ks
Termín vyřízení objednávky	3	den
Délka období ve dnech	365	dní
Očekávaná spotřeba	91	Ks
Výsledky výpočtu		
Optimální velikost objednávky Q	11	Ks
Počet dodávek o	8,14	
Dodací cyklus tc	44,86	dní
Denní spotřeba	0,25	
Signální hladina	1,98	ks
Celkové náklady	1627,32	Kč

Provedl jsem také vývoj nákladů při změnách velikosti objednávky (tab. 29, graf 27)

Tab. 29: Vývoj nákladů při změně objednávky

Vývoj nákladů při změnách velikosti objednávky			
Objednávka Q [ks]	pořizovací náklady [Kč]	skladovací náklady [Kč]	celkové náklady [Kč]
3	3033	218	3252
5	1820	364	2184
10	910	728	1638
15	607	1091	1698
20	455	1455	1910
25	364	1819	2183
30	303	2183	2486
35	260	2546	2806
40	228	2910	3138
45	202	3274	3476



Graf 28: Vývoj nákladů při změně objednávky

Položka vzduchový filtr bude objednávana po 11 kusech, dodací cyklus bude co 44 dní a náklady na objednávku a uskladnění budou 1 627 Kč. K těmto nákladům je zapotřebí ještě přičíst pořizovací cenu. Náklady včetně pořizovací ceny činí **89 899 Kč** při spotřebě 91 kusů za rok s využitím nového zásobovacího systému, signální hladinu jsem stanovil na 2 kusy.

Ve stávajícím systému je tato položka objednávana po 10-ti kusech, při poklesu zásob na úroveň signální hladiny, která byla stanovena na 2 kusy.

Kapalina do ostřikovačů

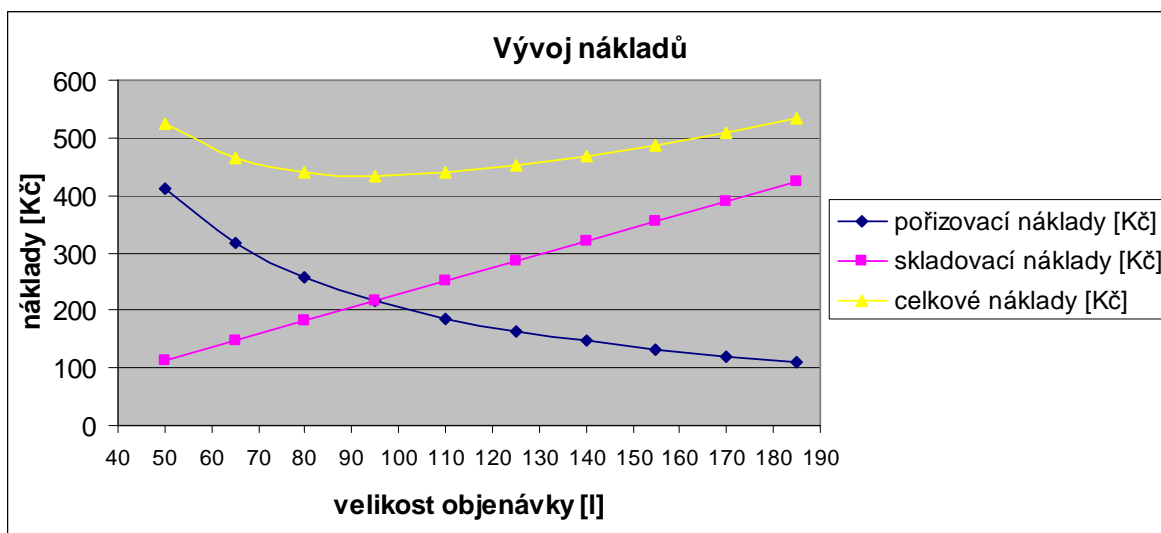
Tab. 30: Výchozí hodnoty položky kapalina do ostřikovačů a vypočtené hodnoty dle kap. 5.3

Optimální velikost objednávky kapalina		
Vstupní data		
Objednací náklady	75	Kč/objednávka
Náklady na udržování zásob	0,15	% za sledované období T=1
Cena položky	30,55	Kč/l
Termín vyřízení objednávky	1	den
Délka období ve dnech	365	dní
Očekávaná spotřeba	274	l
Optimální velikost objednávky Q	95	l
Počet dodávek o	2,89	
Dodací cyklus t_c	126	dní
Denní spotřeba	0,75	
Signální hladina	1,99	l
Celkové náklady	433,98	Kč

Provedl jsem také vývoj nákladů při změnách velikosti objednávky (tab. 31, graf 28)

Tab. 31 Vývoj nákladů při změně objednávky

Vývoj nákladů při změnách velikosti objednávky			
Objednávka Q [ks]	pořizovací náklady [Kč]	skladovací náklady [Kč]	celkové náklady [Kč]
50	411	115	526
65	316	149	465
80	257	183	440
95	216	218	434
110	187	252	439
125	164	286	451
140	147	321	468
155	133	355	488
170	121	390	510
185	111	424	535



Graf 29: Vývoj nákladů při změně objednávky

Položka kapalina do ostřikovačů bude objednávána po 95 litrech, dodací cyklus bude co 126 dní a náklady na objednávku a uskladnění budou 434 Kč. K těmto nákladům je zapotřebí ještě přičíst pořizovací cenu. Náklady včetně pořizovací ceny činí **8 805 Kč** při spotřebě 274 litrů za rok s využitím nového zásobovacího systému, signální hladinu jsem stanovil na 2 litry.

Ve stávajícím systému je tato položka objednávána po 50-ti litrech, při poklesu zásob na úroveň signální hladiny, která byla stanovena na 5 litrů.

Žhavící svíčky

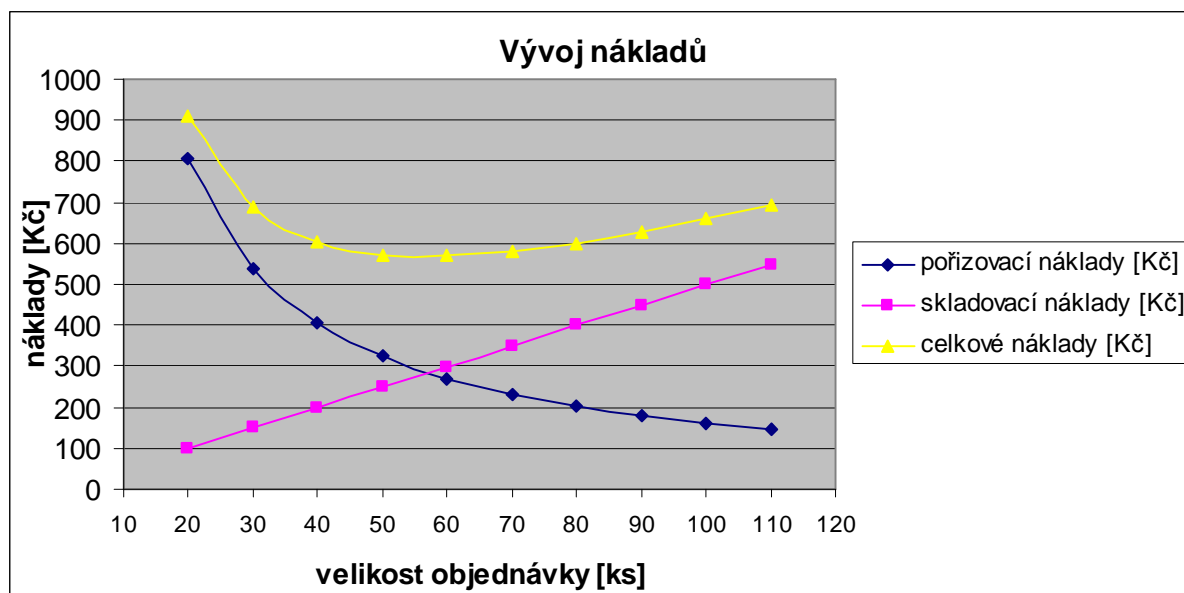
Tab. 32 výchozí hodnoty položky žhavící svíčky a vypočtené hodnoty dle kap. 5.3

Optimální velikost objednávky svíčky		
Vstupní data		
Objednací náklady	105	Kč/objednávka
Náklady na udržování zásob	0,15	% za sledované období T=1
Cena položky	66,5	Kč/ks
Termín vyřízení objednávky	1	den
Délka období ve dnech	365	dní
Očekávaná spotřeba	154	ks
Výsledky výpočtu		
Optimální velikost objednávky Q	57	ks
Počet dodávek o	2,70	
Dodací cyklus tc	134,95	dní
Denní spotřeba	0,42	
Signální hladina	1,12	ks
Celkové náklady	567,97	Kč

Provedl jsem také vývoj nákladů při změnách velikosti objednávky (tab. 33, graf 29)

Tab. 33: Vývoj nákladů při změně objednávky

Vývoj nákladů při změnách velikosti objednávky			
Objednávka Q [ks]	pořizovací náklady [Kč]	skladovací náklady [Kč]	celkové náklady [Kč]
20	809	100	908
30	539	150	689
40	404	200	604
50	323	249	573
60	270	299	569
70	231	349	580
80	202	399	601
90	180	449	629
100	162	499	660
110	147	549	696



Graf 30: Vývoj nákladů při změně objednávky

Položka žhavicí svíčky bude objednávana po 57 kusech, dodací cyklus bude co 134 dní a náklady na objednávku a uskladnění budou 568 Kč. K těmto nákladům je zapotřebí ještě přičíst pořizovací cenu. Náklady včetně pořizovací ceny činí **10 809 Kč** při spotřebě 154 kusů za rok s využitím nového zásobovacího systému. signální hladinu jsem stanovil na 2 kusy.

Ve stávajícím systému je tato položka objednávana po 24 kusech, při poklesu zásob na úroveň signální hladiny, která byla stanovena na 6 kusů.

Úprava modelu pro nespojitou poptávku

Motorový olej SAE 15W40

Tab. 34: Výchozí hodnoty položky motorové oleje SAE 15W40

Optimální velikost objednávky SAE 15W40		
Vstupní data		
Velikost balení	209	l
Objednací náklady	150	Kč/objednávka
Náklady na udržování zásob	0,15	% za sledované období T=1
Cena položky	78,1	Kč/l
Termín vyřízení objednávky	3	dny
Délka období ve dnech	365	dni
Signální hladina	10,45	l
Očekávaná spotřeba	480	l

Tab. 35: Výchozí hodnoty položky motorové oleje SAE 15W40

kriterium 12292			
Q [l]	Q(Q-q) [l]	Q(Q+q) [l]	Velikost obj. [l]
0	0	0	0
209	0	87362	209
418	87362	262086	0
627	262086	524172	0
836	524172	873620	0
1045	873620	1310430	0
1254	1310430	1834602	0
1463	1834602	2446136	0

Tab. 36: vypočtené hodnoty položky motorové oleje SAE 15W40

Velikost objednávky	209	l
Počet dodávek	2,30	
Dodací cyklus	158,93	dni
Denní spotřeba	1,32	
Cenové náklady	1298,83	Kč

Položka motorový olej SAE 15W40 bude objednávana v sudech o objemu 209 litrů, dodací cyklus bude co 158 dní a náklady na objednávku a uskladnění budou 1 299 Kč. K těmto nákladům je zapotřebí ještě přičíst pořizovací cenu. Náklady včetně pořizovací ceny činí **38 787 Kč** při spotřebě 480 litrů za rok, signální hladinu jsem stanovil na 11 litrů.

Příloha 4

Výpočet návrhu systému logistického zajištění údržby dopravních prostředků s využitím stochastických metod

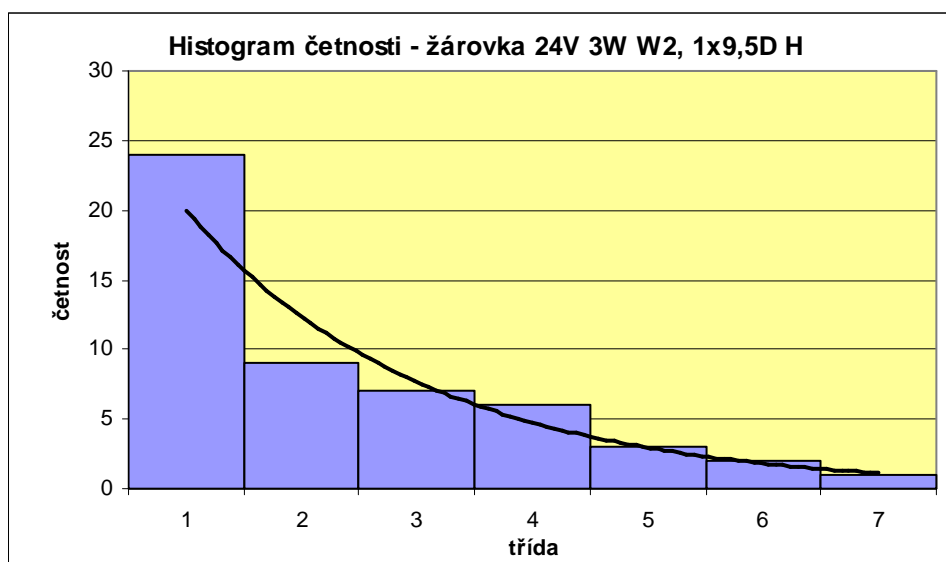
Žárovka 24V 3W W2,1X9,5D H

Tab. 37: Výchozí hodnoty položky žárovka 24V 3W W2,1X9,5D H

Objednací náklady	50	Kč/objednávka
Náklady na udržování zásob	0,1	% za sledované období T=1
Cena položky	8,41	Kč/ks
Délka období ve dnech	365	dní
Očekávaná spotřeba	550	ks

Tab. 38: Rozdělení četnosti v týdenních intervalech

třída	výdej položek	absolutní četnost
1	0-5	24
2	6-10	9
3	11-15	7
4	16-20	6
5	21-25	3
6	26-30	2
7	31-35	1
Celkem		52



Graf 31: Histogram četnosti v týdenních intervalech

Jedná se o klesající exponenciálu, je možné odhadnout, že **exponenciální rozdělení** bude dobře reprezentovat empiricky zjištěná data.

Výpočet intenzity výdejů položky za jeden den:

$$\lambda = \frac{S}{T} = \frac{550}{365} = 1,507 \text{ ks/den} \quad (9)$$

Výpočet střední doby mezi výdeji

$$T_s = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{1,507} = 0,66 \text{ dní} \quad (10)$$

Výpočet pravděpodobnosti vzniku událostí

$$P(k) = \frac{(\lambda \cdot t)^k}{k!} \cdot e^{(-\lambda \cdot t)} = P(0) = \frac{(1,507 \cdot 3)^0}{0!} \cdot e^{(-1,507 \cdot 3)} = 0,0108 \quad (11)$$

Výpočet pravděpodobnosti vzniku událostí jsem provedl v prostředí Microsoft Excel a pro větší přehlednost zpracoval do tabulky (tab. 39).

Tab. 39: pravděpodobnosti vzniku událostí

P(0)	0,0109
P(1)	0,0492
P(2)	0,1112
P(3)	0,1676
P(4)	0,1894
P(5)	0,1712
P(6)	0,1290
P(7)	0,0833
P(8)	0,0471

Požadavek na nový systém zásobování je, aby byla pravděpodobnost pokrytí výdejů minimálně 0,95. Proto je nutné sčítat pravděpodobnosti jednotlivých událostí, dokud nevychází minimálně požadovaná pravděpodobnost.

Výpočet distribuční funkce Po(λ)

$$P(k) = \sum_{k=0}^n P(k) = 0,0108 + 0,0492 + 0,1112 + 0,1675 + 0,1893 + 0,1712 + 0,1289 + 0,0833 + 0,0471 = 0,9587 \quad (12)$$

Na skladě je nutné mít minimálně 8 kusů žárovek 24V 3W W2,1X9,5D (signální hladina).

Celkové náklady na pořízení a uskladnění zásob při očekávané spotřebě. V těchto nákladech není zahrnuta cena položky

$$N = \sqrt{2 \cdot S \cdot c_1 \cdot c_2} + (c_2 \cdot s) = \sqrt{2 \cdot 550 \cdot 50 \cdot 0,841} + (0,841 \cdot 8) = 221,80 \text{ Kč} \quad (13)$$

Velikost objednávky je vázána minimálním podmíněným odběrem, který při nabídnuté ceně 8,41 Kč/ks je 50 kusů.

Položka žárovka 24V 3W W2,1X9,5D H bude objednávana po 50-ti kusech a náklady na objednávku a uskladnění budou 222 Kč. K těmto nákladům je zapotřebí ještě přičíst pořizovací cenu. Náklady včetně pořizovací ceny činí **4 847 Kč** při spotřebě 550 kusů za rok, signální hladinu jsem stanovil na 8 kusů. Kontrola signální hladiny bude probíhat jednou týdně.

Ve stávajícím systému je tato položka objednávana po 50-ti kusech, při poklesu zásob na úroveň signální hladiny, která byla stanovena na 5 kusů.

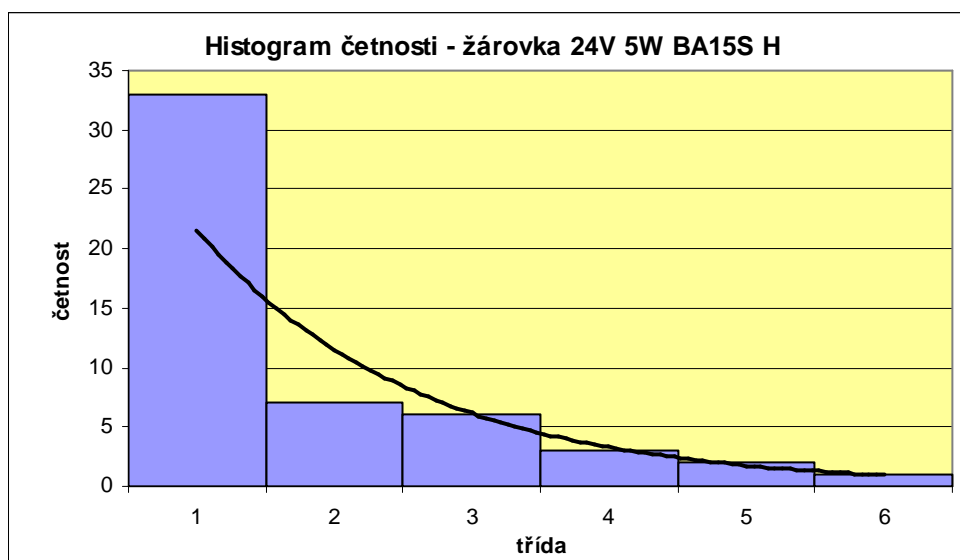
Žárovka 24V 5W BA15S HELLA

Tab. 40: Výchozí hodnoty položky žárovka 24V 5W BA15S HELLA

Objednací náklady	50	Kč/objedávka
Náklady na udržování zásob	0,1	% za sledované období T=1
Cena položky	8,54	Kč/ks
Délka období ve dnech	365	dní
Očekávaná spotřeba	384	ks

Tab. 41: Rozdělení četnosti v týdenních intervalech

třída	výdej položek	absolutní četnost
1	0-5	33
2	6-10	7
3	11-15	6
4	16-20	3
5	21-25	2
6	26-30	1
Celkem		52



Graf 32: Histogram četnosti v týdenních intervalech

Jedná se o klesající exponenciálu, je možné odhadnout, že **exponenciální rozdělení** bude dobře reprezentovat empiricky zjištěná data.

Výpočet intenzity výdeje položky za jeden den:

$$\lambda = \frac{S}{T} = \frac{384}{365} = 1,052 \text{ ks/den} \quad (9)$$

Výpočet střední doby mezi výdeji

$$T_s = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{1,052} = 0,95 \text{ dní} \quad (10)$$

Výpočet pravděpodobnosti vzniku událostí

$$P(k) = \frac{(\lambda \cdot t)^k}{k!} \cdot e^{(-\lambda \cdot t)} = P(0) = \frac{(1,052 \cdot 3)^0}{0!} \cdot e^{(-1,052 \cdot 3)} = 0,0425 \quad (11)$$

Výpočet pravděpodobnosti vzniku událostí jsem provedl v prostředí Microsoft Excel a pro větší přehlednost zpracoval do tabulky (tab. 39).

Tab. 42: pravděpodobnosti vzniku událostí

P(0)	0,0426
P(1)	0,1344
P(2)	0,2121
P(3)	0,2232
P(4)	0,1761
P(5)	0,1112
P(6)	0,0585

Požadavek na nový systém zásobování je, aby byla pravděpodobnost pokrytí výdejů minimálně 0,95. Proto je nutné sčítat pravděpodobnosti jednotlivých událostí, dokud nevyjde minimálně požadovaná pravděpodobnost.

Výpočet distribuční funkce $Po(\lambda)$

$$P(k) = \sum_{k=0}^n P(k) = 0,0426 + 0,1344 + 0,2121 + 0,2232 + 0,1761 + 0,1112 + 0,0585 = 0,958 \quad (12)$$

Na skladě je nutné mít minimálně 6 kusů žárovek 24V 5W BA15S HELLA (signální hladina).

Celkové náklady na pořízení a uskladnění zásob při očekávané spotřebě. V těchto nákladech není zahrnuta cena položky

$$N = \sqrt{2 \cdot S \cdot c_1 \cdot c_2} + (c_2 \cdot s) = \sqrt{2 \cdot 384 \cdot 50 \cdot 0,854} + (0,854 \cdot 6) = 186,21 \text{ Kč} \quad (13)$$

Velikost objednávky je vázána minimálním podmíněným odběrem, který při nabídnuté ceně 8,54 Kč/ks je 50 kusů.

Položka žárovka 24V 5W BA15S HELLA bude objednávana po 50-ti kusech a náklady na objednávku a uskladnění budou 186 Kč. K těmto nákladům je zapotřebí ještě přičíst pořizovací cenu. Náklady včetně pořizovací ceny činí **3 466 Kč** při spotřebě 384 kusů za rok, signální hladinu jsem stanovil na 6 kusů. Kontrola signální hladiny bude probíhat jednou týdně.

Ve stávajícím systému je tato položka objednávana po 50-ti kusech, při poklesu zásob na úroveň signální hladiny, která byla stanovena na 5 kusů.

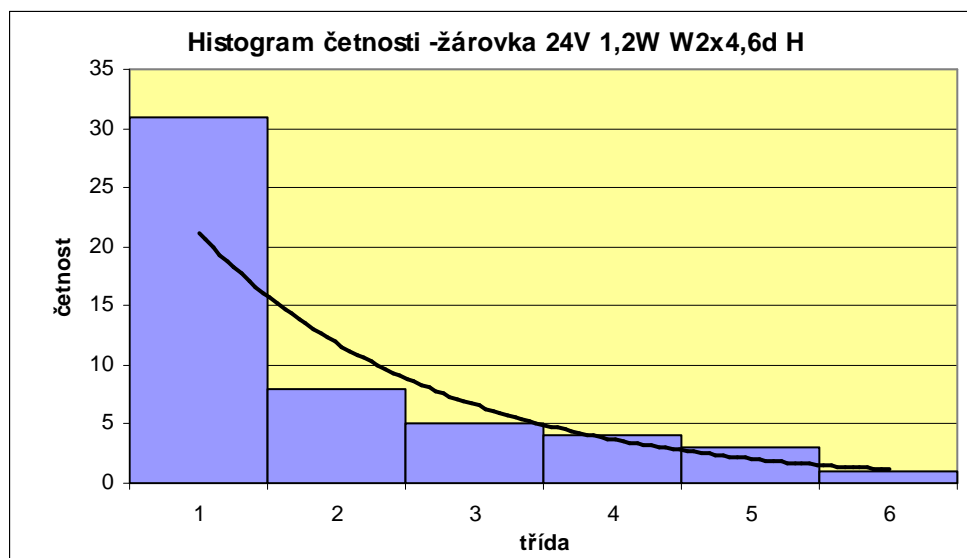
Žárovka 24V 1,2W W2x4,6d H

Tab. 43: Výchozí hodnoty položky žárovka 24V 1,2W W2x4,6d H

Objednací náklady	50	Kč/objednávka
Náklady na udržování zásob	0,1	% za sledované období T=1
Cena položky	3,24	Kč/ks
Délka období ve dnech	365	dní
Očekávaná spotřeba	384	ks

Tab. 44: Rozdělení četnosti v týdenních intervalech

třída	výdej položek	absolutní četnost
1	0-5	31
2	6-10	8
3	11-15	5
4	16-20	4
5	21-25	3
6	26-30	1
Celkem		52



Graf 33: Histogram četnosti v týdenních intervalech

Jedná se o klesající exponenciálu, je možné odhadnout, že **exponenciální rozdělení** bude dobře reprezentovat empiricky zjištěná data.

Výpočet intenzity výdejů položky za jeden den:

$$\lambda = \frac{S}{T} = \frac{384}{365} = 1,052 \text{ ks/den} \quad (9)$$

Výpočet střední doby mezi výdeji

$$T_s = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{1,052} = 0,95 \text{ dní} \quad (10)$$

Výpočet pravděpodobnosti vzniku událostí

$$P(k) = \frac{(\lambda \cdot t)^k}{k!} \cdot e^{(-\lambda \cdot t)} = P(0) = \frac{(1,052 \cdot 3)^0}{0!} \cdot e^{(-1,052 \cdot 3)} = 0,0425 \quad (11)$$

Výpočet pravděpodobnosti vzniku událostí jsem provedl v prostředí Microsoft Excel a pro větší přehlednost zpracoval do tabulky (tab. 39).

Tab. 45: pravděpodobnosti vzniku událostí

P(0)	0,0426
P(1)	0,1344
P(2)	0,2121
P(3)	0,2232
P(4)	0,1761
P(5)	0,1112
P(6)	0,0585

Požadavek na nový systém zásobování je, aby byla pravděpodobnost pokrytí výdejů minimálně 0,95. Proto je nutné sčítat pravděpodobnosti jednotlivých událostí, dokud nevyjde minimálně požadovaná pravděpodobnost.

Výpočet distribuční funkce $Po(\lambda)$

$$P(k) = \sum_{k=0}^n P(k) = 0,0426 + 0,1344 + 0,2121 + 0,2232 + 0,1761 + 0,1112 + 0,0585 = 0,958 \quad (12)$$

Na skladě je nutné mít minimálně 6 kusů žárovek 24V 1,2W W2x4,6d H (signální hladina).

Celkové náklady na pořízení a uskladnění zásob při očekávané spotřebě. V těchto nákladech není zahrnuta cena položky

$$N = \sqrt{2 \cdot S \cdot c_1 \cdot c_2} + (c_2 \cdot s) = \sqrt{2 \cdot 384 \cdot 50 \cdot 0,324} + (0,324 \cdot 6) = 113,49 \text{ Kč} \quad (13)$$

Velikost objednávky je vázána minimálním podmíněným odběrem, který při nabídnuté ceně 3,24 Kč/ks je 50 kusů.

Položka žárovka 24V 1,2W W2x4,6d H bude objednávana po 50-ti kusech a náklady na objednávku a uskladnění budou 113 Kč. K těmto nákladům je zapotřebí ještě přičíst pořizovací cenu. Náklady včetně pořizovací ceny činí **1 358 Kč** při spotřebě 384 kusů za rok, signální hladinu jsem stanovil na 6 kusů. Kontrola signální hladiny bude probíhat jednou týdně.

Ve stávajícím systému je tato položka objednávana po 50-ti kusech, při poklesu zásob na úroveň signální hladiny, která byla stanovena na 5 kusů

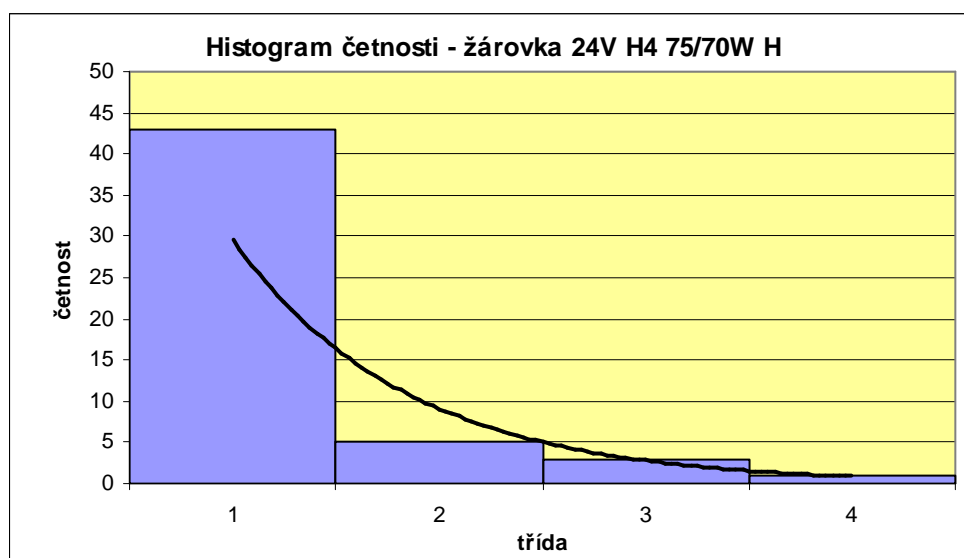
Žárovka 24V H4 75/70W HELLA

Tab. 46: Výchozí hodnoty položky žárovka 24V H4 75/70W HELLA

Objednací náklady	50	Kč/objednávka
Náklady na udržování zásob	0,1	% za sledované období T=1
Cena položky	82,74	Kč/ks
Délka období ve dnech	365	dní
Očekávaná spotřeba	90	ks

Tab. 47: Rozdělení četnosti v týdenních intervalech

třída	výdej položek	absolutní četnost
1	0-3	43
2	4-6	5
3	7-9	3
4	10-13	1
Celkem		52



Graf 34: Histogram četnosti v týdenních intervalech

Jedná se o klesající exponenciálu, je možné odhadnout, že **exponenciální rozdělení** bude dobře reprezentovat empiricky zjištěná data.

Výpočet intenzity výdejů položky za jeden den:

$$\lambda = \frac{S}{T} = \frac{90}{365} = 0,247 \text{ ks/den} \quad (9)$$

Výpočet střední doby mezi výdeji

$$T_s = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{0,247} = 4,06 \text{ dní} \quad (10)$$

Výpočet pravděpodobnosti vzniku událostí

$$P(k) = \frac{(\lambda \cdot t)^k}{k!} \cdot e^{(-\lambda \cdot t)} = P(0) = \frac{(0,247 \cdot 3)^0}{0!} \cdot e^{(-0,247 \cdot 3)} = 0,477 \quad (11)$$

Výpočet pravděpodobnosti vzniku událostí jsem provedl v prostředí Microsoft Excel a pro větší přehlednost zpracoval do tabulky (tab. 45).

Tab. 45: pravděpodobnosti vzniku událostí

P(0)	0,4772
P(1)	0,3530
P(2)	0,1306

Požadavek na nový systém zásobování je, aby byla pravděpodobnost pokrytí výdejů minimálně 0,95. Proto je nutné sčítat pravděpodobnosti jednotlivých událostí, dokud nevyjde minimálně požadovaná pravděpodobnost.

Výpočet distribuční funkce $Po(\lambda)$

$$P(k) = \sum_{k=0}^n P(k) = 0,4772 + 0,3530 + 0,1306 = 0,961 \quad (12)$$

Na skladě je nutné mít minimálně 2 kusy žárovek 24V H4 75/70W HELLA (signální hladina).

Celkové náklady na pořízení a uskladnění zásob při očekávané spotřebě. V těchto nákladech není zahrnuta cena položky

$$N = \sqrt{2 \cdot S \cdot c_1 \cdot c_2} + (c_2 \cdot s) = \sqrt{2 \cdot 90 \cdot 50 \cdot 8,274} + (8,274 \cdot 2) = 289,10 \text{ Kč} \quad (13)$$

Velikost objednávky je vázána minimálním podmíněným odběrem, který při nabídnuté ceně 82,74 Kč/ks je 10 kusů.

Položka žárovka 24V H4 75/70W HELLA bude objednávana po 10-ti kusech a náklady na objednávku a uskladnění budou 289 Kč. K těmto nákladům je zapotřebí ještě přičíst pořizovací cenu. Náklady včetně pořizovací ceny činí **7 736 Kč** při spotřebě 90 kusů za rok, signální hladinu jsem stanovil na 2 kusy. Kontrola signální hladiny bude probíhat jednou týdně.

Ve stávajícím systému je tato položka objednávána po 10-ti kusech, při poklesu zásob na úroveň signální hladiny, která byla stanovena na 2 kusů.

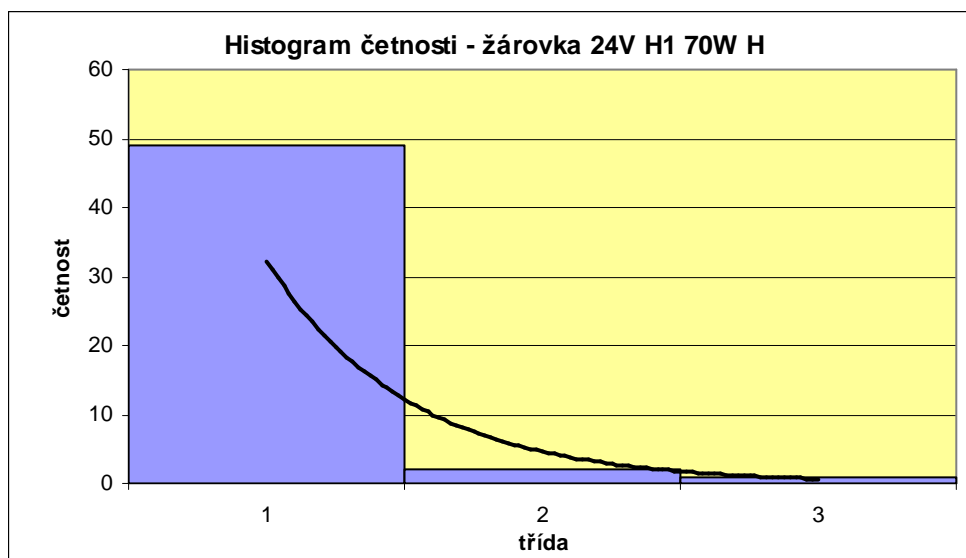
Žárovka 24V H1 70W HELLA

Tab. 49 Výchozí hodnoty položky žárovka 24V H1 70W HELLA

Objednací náklady	50	Kč/objednávka
Náklady na udržování zásob	0,1	% za sledované období T=1
Cena položky	68,4	Kč/ks
Délka období ve dnech	365	dní
Očekávaná spotřeba	19	ks

Tab. 50: Rozdělení četnosti v týdenních intervalech

třída	výdej položek	absolutní četnost
1	0-1	49
2	2-3	2
3	4-5	1
Celkem		52



Graf 35: Histogram četnosti v týdenních intervalech

Jedná se o klesající exponenciálu, je možné odhadnout, že **exponenciální rozdělení** bude dobře reprezentovat empiricky zjištěná data.

Výpočet intenzity výdejů položky za jeden den:

$$\lambda = \frac{S}{T} = \frac{19}{365} = 0,052 \text{ ks/den} \quad (9)$$

Výpočet střední doby mezi výdeji

$$T_s = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{0,052} = 19,21 \text{ dní} \quad (10)$$

Výpočet pravděpodobnosti vzniku událostí

$$P(k) = \frac{(\lambda \cdot t)^k}{k!} \cdot e^{(-\lambda \cdot t)} = P(0) = \frac{(0,052 \cdot 3)^0}{0!} \cdot e^{(-0,052 \cdot 3)} = 0,8554 \quad (11)$$

Výpočet pravděpodobnosti vzniku událostí jsem provedl v prostředí Microsoft Excel a pro větší přehlednost zpracoval do tabulky (tab. 51).

Tab. 51: pravděpodobnosti vzniku událostí

P(0)	0,8554
P(1)	0,1336

Požadavek na nový systém zásobování je, aby byla pravděpodobnost pokrytí výdejů minimálně 0,95. Proto je nutné sčítat pravděpodobnosti jednotlivých událostí, dokud nevyjde minimálně požadovaná pravděpodobnost.

Výpočet distribuční funkce $Po(\lambda)$

$$P(k) = \sum_{k=0}^n P(k) = 0,8554 + 0,1336 = 0,989 \quad (12)$$

Na skladě je nutné mít minimálně 1 kus žárovky 24V H1 70W HELLA (signální hladina).

Celkové náklady na pořízení a uskladnění zásob při očekávané spotřebě. V těchto nákladech není zahrnuta cena položky

$$N = \sqrt{2 \cdot S \cdot c_1 \cdot c_2} + (c_2 \cdot s) = \sqrt{2 \cdot 19 \cdot 50 \cdot 6,84} + (6,84 \cdot 1) = 120,84 \text{ Kč} \quad (13)$$

Velikost objednávky je vázána minimálním podmíněným odběrem, který při nabídnuté ceně 3,24 Kč/ks je 2 kusy.

Položka žárovka 24V H1 70W HELLA bude objednávana po 2 kusech a náklady na objednávku a uskladnění budou 121 Kč. K těmto nákladům je zapotřebí ještě přičíst pořizovací cenu. Náklady včetně pořizovací ceny činí **1 420 Kč** při spotřebě 19 kusů za rok,

signální hladinu jsem stanovil na 1 kus. Kontrola signální hladiny bude probíhat jednou týdně.

Ve stávajícím systému je tato položka objednávána po 5-ti kusech, při poklesu zásob na úroveň signální hladiny, která byla stanovena na 1 kus.

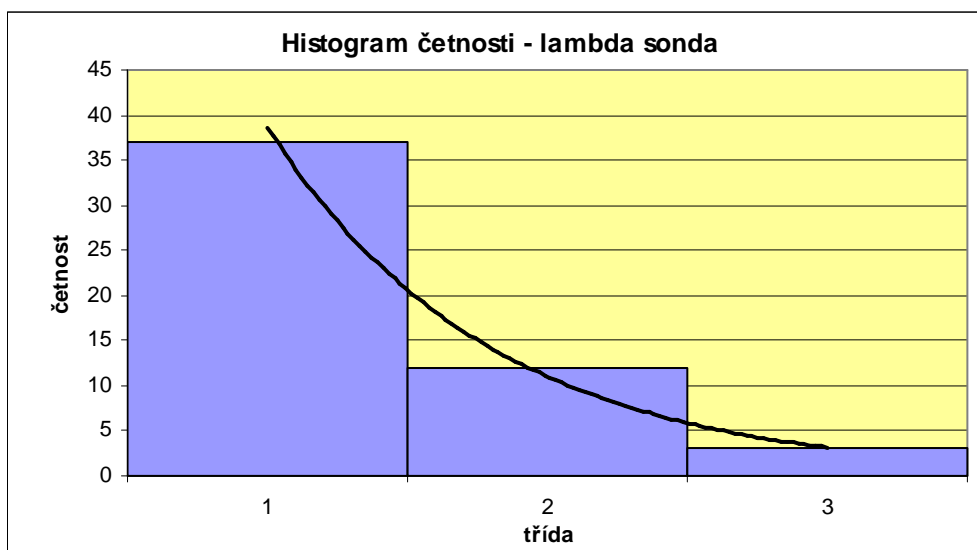
Lambda sonda

Tab. 52: Výchozí hodnoty položky lambda sonda

objednací náklady	150	Kč/objednávka
náklady na udržování zásob	0,15	% za sledované období T=1
cena položky	1109,8	Kč/ks
délka období ve dnech	365	dni
očekávaná spotřeba	40	ks

Tab. 53: Rozdělení četnosti v týdenních intervalech

třída	výdej položek	absolutní četnost
1	0-1	37
2	2-3	12
3	4-5	3
	Celkem	52



Graf 36: Histogram četnosti v týdenních intervalech

Jedná se o klesající exponenciálu, je možné odhadnout, že **exponenciální rozdělení** bude dobře reprezentovat empiricky zjištěná data.

Výpočet intenzity výdejů položky za jeden den:

$$\lambda = \frac{S}{T} = \frac{40}{365} = 0,11 \text{ ks/den} \quad (9)$$

Výpočet střední doby mezi výdeji

$$T_s = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{0,11} = 9,13 \text{ dní} \quad (10)$$

Výpočet pravděpodobnosti vzniku událostí

$$P(k) = \frac{(\lambda \cdot t)^k}{k!} \cdot e^{(-\lambda \cdot t)} = P(0) = \frac{(0,11 \cdot 3)^0}{0!} \cdot e^{(-0,11 \cdot 3)} = 0,7198 \quad (11)$$

Výpočet pravděpodobnosti vzniku událostí jsem provedl v prostředí Microsoft Excel a pro větší přehlednost zpracoval do tabulky (tab. 54).

Tab. 54: pravděpodobnosti vzniku událostí

P(0)	0,7198
P(1)	0,2367

Požadavek na nový systém zásobování je, aby byla pravděpodobnost pokrytí výdejů minimálně 0,95. Proto je nutné sčítat pravděpodobnosti jednotlivých událostí, dokud nevyjde minimálně požadovaná pravděpodobnost.

Výpočet distribuční funkce $Po(\lambda)$

$$P(k) = \sum_{k=0}^n P(k) = 0,7198 + 0,2367 = 0,9564 \quad (12)$$

Na skladě je nutné mít minimálně 1 kus lambda sondy (signální hladina).

Celkové náklady na pořízení a uskladnění zásob při očekávané spotřebě. V těchto nákladech není zahrnuta cena položky

$$N = \sqrt{2 \cdot S \cdot c_1 \cdot c_2} + (c_2 \cdot s) = \sqrt{2 \cdot 40 \cdot 150 \cdot 110,98} + (110,98 \cdot 1) = 1558,41 \text{ Kč} \quad (13)$$

Velikost objednávky je vázána minimálním podmíněným odběrem, který při nabídnuté ceně 1109,80 Kč/ks je 1 kus.

Položka lambda sonda bude objednávana po 1 kuse a náklady na objednávku a uskladnění budou 1 558 Kč. K těmto nákladům je zapotřebí ještě přičíst pořizovací cenu. Náklady včetně pořizovací ceny činí **45 950 Kč** při spotřebě 40 kusů za rok, signální hladinu jsem stanovil na 1 kus. Kontrola signální hladiny bude probíhat jednou týdně.

Ve stávajícím systému je tato položka objednávana po 1 kuse, při požadavku na výdej této položky ze skladu.

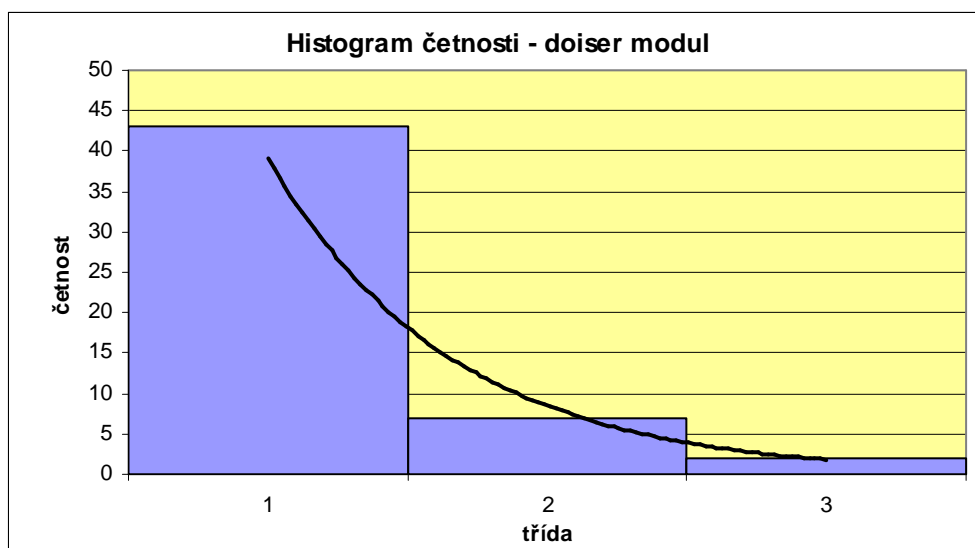
Doiser modul

Tab. 55: Výchozí hodnoty položky doiser modul

objednací náklady	150	Kč/objednávka
náklady na udržování zásob	0,15	% za sledované období T=1
cena položky	6355,72	Kč/ks
délka období ve dnech	365	dni
očekávaná spotřeba	37	ks

Tab. 56: Rozdělení četnosti v týdenních intervalech

třída	výdej položek	absolutní četnost
1	0-1	43
2	2-3	7
3	4-5	2
Celkem		52



Graf 37: Histogram četnosti v týdenních intervalech

Jedná se o klesající exponenciálu, je možné odhadnout, že **exponenciální rozdělení** bude dobře reprezentovat empiricky zjištěná data.

Výpočet intenzity výdejů položky za jeden den:

$$\lambda = \frac{S}{T} = \frac{37}{365} = 0,101 \text{ ks/den} \quad (9)$$

Výpočet střední doby mezi výdeji

$$T_s = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{0,101} = 9,86 \text{ dní} \quad (10)$$

Výpočet pravděpodobnosti vzniku událostí

$$P(k) = \frac{(\lambda \cdot t)^k}{k!} \cdot e^{(-\lambda \cdot t)} = P(0) = \frac{(0,101 \cdot 3)^0}{0!} \cdot e^{(-0,101 \cdot 3)} = 0,7377 \quad (11)$$

Výpočet pravděpodobnosti vzniku událostí jsem provedl v prostředí Microsoft Excel a pro větší přehlednost zpracoval do tabulky (tab. 57).

Tab. 57: pravděpodobnosti vzniku událostí

P(0)	0,7378
P(1)	0,2244

Požadavek na nový systém zásobování je, aby byla pravděpodobnost pokrytí výdejů minimálně 0,95. Proto je nutné sčítat pravděpodobnosti jednotlivých událostí, dokud nevyjde minimálně požadovaná pravděpodobnost.

Výpočet distribuční funkce $Po(\lambda)$

$$P(k) = \sum_{k=0}^n P(k) = 0,7378 + 0,2244 = 0,962 \quad (12)$$

Na skladě je nutné mít minimálně 1 kus doiser modulu (signální hladina).

Celkové náklady na pořízení a uskladnění zásob při očekávané spotřebě. V těchto nákladech není zahrnuta cena položky

$$N = \sqrt{2 \cdot S \cdot c_1 \cdot c_2} + (c_2 \cdot s) = \sqrt{2 \cdot 37 \cdot 150 \cdot 635,57} + (635,57 \cdot 1) = 4021,34 \text{ Kč} \quad (13)$$

Velikost objednávky je vázána minimálním podmíněným odběrem, který při nabídnuté ceně 4 021,34 Kč/ks je 1 kus.

Položka doiser modul bude objednávana po 1 kuse a náklady na objednávku a uskladnění budou 4 021 Kč. K těmto nákladům je zapotřebí ještě přičíst pořizovací cenu. Náklady včetně pořizovací ceny činí **239 183 Kč** při spotřebě 37 kusů za rok, signální hladinu jsem stanovil na 1 kus. Kontrola signální hladiny bude probíhat jednou týdně.

Ve stávajícím systému je tato položka objednávana po 1 kuse, při požadavku na výdej této položky ze skladu.